

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP2005/017568

International filing date: 16 September 2005 (16.09.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-272489
Filing date: 17 September 2004 (17.09.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 20 October 2005 (20.10.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2004年 9月17日

出願番号
Application Number: 特願2004-272489

パリ条約による外国への出願に用いる優先権の主張の基礎となる出願の国コードと出願番号
The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is

出願人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

J P 2004-272489

2005年10月 5日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

中嶋



【書類名】 特許願
【整理番号】 2047960172
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04L 13/00
H04L 12/56
H04B 7/06

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1006 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 中原 秀樹

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1006 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 ▲たか▼井 均

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1006 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 山▲さき▼ 秀聰

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1006 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 宮長 健二

【発明者】
【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1006 番地 松下電器産業株式会社内
【氏名】 田中 宏一郎

【特許出願人】
【識別番号】 000005821
【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】
【識別番号】 100098291
【弁理士】
【氏名又は名称】 小笠原 史朗

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 035367
【納付金額】 16,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9405386

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムであって、

前記信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、前記信号の送信を開始する送信開始タイミングとする送信タイミング制御手段と、

前記送信タイミング制御手段によって決定された前記送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチバス性を発揮する変調方式で変調された信号を送信する送信手段と、

前記受信局に設けられ、送信されてきた信号を受信する受信手段とを備え、

前記所定の遅延量は、前記受信手段によって信号が受信される受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数以下となる大きさであり、

前記所定の遅延量は、各前記受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ前記受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする、無線伝送システム。

【請求項 2】

前記送信タイミング制御手段および前記送信手段は前記無線局に設けられ、

各前記無線局が持ち合わせる前記基準タイミングは予め定められており、各前記無線局が持ち合わせる前記基準タイミングは同一のタイミングであることを特徴とする、請求項1に記載の無線伝送システム。

【請求項 3】

さらに、前記受信局へ送信すべき信号を前記無線局に送信する送信局を備え、

前記送信局は、

前記受信局へ送信すべき信号を前記無線局に送信する送信元信号送信手段を含み、

前記送信タイミング制御手段および前記送信手段は前記無線局に設けられ、

前記無線局は、

前記送信元信号送信手段によって送信された信号を受信する中継受信手段と、

前記中継受信手段によって前記信号が受信されたタイミングを検出するタイミング検出手段とを含み、

前記送信タイミング制御手段は、前記タイミング検出手段によって検出されたタイミングを前記基準タイミングとし、

前記送信手段は、前記中継受信手段によって受信された信号を前記受信局へ送信することを特徴とする、請求項1に記載の無線伝送システム。

【請求項 4】

前記タイミング検出手段は、前記信号に含まれるユニークワードを検出することを特徴とする、請求項3に記載の無線伝送システム。

【請求項 5】

さらに、前記受信局へ送信すべき信号を前記無線局に送信する送信局を備え、

前記送信局は、

前記受信局へ送信すべき信号を前記無線局に送信する送信元信号送信手段と、

前記所定の遅延量を、複数の候補値から選択する遅延量選択手段と、

前記基準タイミングから、前記遅延量選択手段によって選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを、前記信号を前記受信局へ送信する再送信開始タイミングとする再送信開始タイミング決定手段と、

前記再送信開始タイミング決定手段によって決定された前記再送信開始タイミングに、前記信号を前記受信局へ送信する再送信信号送信手段とを含み、

前記前記送信タイミング制御手段および前記送信手段は、前記無線局に設けられており

前記無線局は、前記送信元信号送信手段によって送信された信号を受信する中継受信手段を含み、

前記送信手段は、前記中継受信手段によって受信された信号を前記受信局へ送信することを特徴とする、請求項1に記載の無線伝送システム。

【請求項6】

さらに、前記受信局へ送信すべき信号を前記無線局に送信する送信局を備え、前記送信局は、

前記無線局が送信する信号に与えるべき遅延量を、複数の候補値から選択する遅延量選択手段と、

前記遅延量選択手段によって選択された遅延量を前記信号に付加する遅延量付加手段と、

前記遅延量付加手段によって遅延量が付加された信号を前記無線局に送信する送信元信号送信手段とを含み、

前記送信タイミング制御手段は、前記無線局に設けられ、

前記無線局は、

前記送信元信号送信手段によって送信された前記遅延量が付加された信号を受信する中継受信手段と、

前記中継受信手段によって受信された信号から前記遅延量を抽出する遅延量抽出手段とを含み、

前記送信タイミング制御手段は、前記遅延量抽出手段によって抽出された遅延量の分だけ前記基準タイミングから遅延させたタイミングを前記送信開始タイミングとし、

前記送信手段は、前記中継受信手段によって受信された信号を前記受信局へ送信することを特徴とする、請求項1に記載の無線伝送システム。

【請求項7】

さらに、前記受信局へ送信すべき信号を前記無線局に送信する送信局を備え、

前記送信タイミング制御手段および前記送信手段は、前記送信局に設けられ、

前記送信局は、

各前記無線局に送信する信号に与えるべき遅延量を複数の候補値から選択する遅延量選択手段を含み、

前記送信タイミング制御手段は、前記基準タイミングから前記遅延量選択手段によって選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを前記送信開始タイミングとし、

前記送信手段は、前記送信タイミングに、前記信号を前記無線局に送信し、

前記無線局は、

前記送信局から送信されてきた信号を受信する中継受信手段と、

前記中継受信手段によって受信された信号を前記受信局へ送信する中継送信手段とを含む、請求項1に記載の無線伝送システム。

【請求項8】

前記複数の無線局は、互いに所定の距離内に位置する前記無線局の通信範囲が一部重複するように配置され、

前記送信局は、さらに、

前記遅延量選択手段によって選択された遅延量と同一の遅延量が割り当てられた前記無線局から送信される信号が前記受信局に到達するタイミングが等しくなるように前記遅延量を調整する遅延量調整手段を含み、

前記遅延量付加手段は、前記遅延量調整手段によって調整された遅延量を示す遅延信号を生成し、

前記受信手段は、互いに隣接する前記無線局から送信される信号を異なるタイミングで受信することを特徴とする、請求項6に記載の無線伝送システム。

【請求項9】

前記複数の無線局は、互いに所定の距離内に位置する前記無線局の通信範囲が一部重複するように配置され、

前記送信局は、さらに、

前記遅延量選択手段によって選択された遅延量と同一の遅延量が割り当てられた前記無線局から送信される信号が前記受信局に到達するタイミングが等しくなるように前記遅延量を調整する遅延量調整手段を含み、

前記送信タイミング制御手段は、前記基準タイミングから、前記遅延量調整手段によって調整された遅延量だけ遅延させたタイミングを送信開始タイミングとし、

前記受信手段は、互いに隣接する前記無線局から送信される信号を異なるタイミングで受信することを特徴とする、請求項7に記載の無線伝送システム。

【請求項10】

前記無線局は、線状に配置されることを特徴とする、請求項8または9に記載の無線伝送システム。

【請求項11】

前記線状に配置された無線局の組が複数あり、当該線状に配置された無線局の組は、互いに平行になるように配置されていることを特徴とする、請求項10に記載の無線伝送システム。

【請求項12】

前記所定の遅延量の数は、前記最大有効ブランチ数に等しいことを特徴とする、請求項3または5~7のいずれかに記載の無線伝送システム。

【請求項13】

前記所定の遅延量の数は、2つであることを特徴とする、請求項1に記載の無線伝送システム。

【請求項14】

さらに、複数の候補値から前記所定の遅延量を選択する遅延量選択手段を備え、

前記遅延量選択手段によって選択されるべき遅延量は予め定められており、

前記送信タイミング制御手段は、前記遅延量選択手段によって選択された遅延量に基づいて送信開始タイミングを決定することを特徴とする、請求項1に記載の無線伝送システム。

【請求項15】

さらに、複数の候補値から前記所定の遅延量をランダムに選択する遅延量選択手段を備え、

前記送信タイミング制御手段は、前記遅延量選択手段によって選択された遅延量に基づいて送信開始タイミングを決定することを特徴とする、請求項1に記載の無線伝送システム。

【請求項16】

前記変調方式および前記復調方式にスペクトル拡散方式を用いることを特徴とする、請求項1に記載の無線伝送システム。

【請求項17】

前記変調方式および前記復調方式に周波数直交多重方式を用いることを特徴とする、請求項1に記載の無線伝送システム。

【請求項18】

前記変調方式にPSK-VP方式を用いることを特徴とする、請求項1に記載の無線伝送システム。

【請求項19】

前記変調方式にシンクルキャリア方式を用い、前記復調方式に等化器を用いることを特徴とする、請求項1に記載の無線伝送システム。

【請求項20】

前記送信局と前記無線局とは、無線を介して接続されていることを特徴とする、請求項3または5~7のいずれかに記載の無線伝送システム。

【請求項21】

前記送信局と前記無線局とは、有線伝送路を介して接続されていることを特徴とする、

請求項 3 または 5 ~ 7 のいずれかに記載の無線伝送システム。

【請求項 2 2】

複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムに用いられる無線局であって、

前記信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、前記信号の送信を開始する送信開始タイミングとする送信タイミング制御手段と、

前記送信タイミング制御手段によって決定された前記送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチバス性を発揮する変調方式で変調された信号を送信する送信手段とを備え、

前記所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数以下となる大きさであり、

前記所定の遅延量は、各前記受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ前記受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする、無線局。

【請求項 2 3】

複数の無線局を経由して受信局に信号を送信する送信局であって、

各前記無線局に送信する信号に与えるべき遅延量を前記複数の遅延量の中から選択する遅延量選択手段と、

前記信号を送信する基準となる基準タイミングから、前記遅延量選択手段によって選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを、前記信号の送信を開始する送信開始タイミングとする送信タイミング制御手段と、

前記送信開始タイミングになると、前記信号を前記無線局に送信する送信手段とを備え、

前記所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数以下となる大きさであり、

前記所定の遅延量は、各前記受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ前記受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする、送信局。

【請求項 2 4】

複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムに用いられ、前記受信局に前記信号を送信するための方法であって、

前記信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、前記信号の送信を開始する送信開始タイミングとするステップと、

前記送信開始タイミングを決定するステップにおいて決定された前記送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチバス性を発揮する変調方式で変調された信号を送信するステップと、

前記受信局に設けられ、送信されてきた信号を受信するステップとを備え、

前記所定の遅延量は、前記受信手段によって信号が受信される受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数以下となる大きさであり、

前記所定の遅延量は、各前記受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ前記受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする、方法。

【請求項 2 5】

複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムに用いられ、前記無線局が信号を送信するための方法であって、

前記信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、前記信号の送信を開始する送信開始タイミングとするステップと、

前記送信開始タイミングを決定するステップにおいて決定された前記送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチバス性を發揮する変調方式で変調された信号を送信するステップとを備え、

前記所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数以下となる大きさであり、

前記所定の遅延量は、各前記受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ前記受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする無線局。

【請求項 26】

送信局が、複数の無線局を経由して受信局に信号を送信するための方法であって、

各前記無線局に送信する信号に与えるべき遅延量を前記複数の遅延量の中から選択するステップと、

前記信号を送信する基準となる基準タイミングから、前記遅延量を選択するステップにおいて選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを、前記信号の送信を開始する送信開始タイミングとするステップと、

前記送信開始タイミングになると、前記信号を前記無線局に送信するステップとを備え、

前記所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数以下となる大きさであり、

前記所定の遅延量は、各前記受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ前記受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】無線伝送システムおよび無線伝送方法、ならびにそれらに用いられる無線局および送信局

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の無線伝送装置がデータを送受信する無線伝送システムおよび無線伝送方法、ならびにそれらに用いられる無線局および送信局であって、より特定的には、複数の無線伝送装置が、耐マルチバス性を有する伝送方式を用いて、信号を送信する無線伝送システムおよび無線伝送方法、ならびにそれらに用いられる無線局および送信局に関する。

【背景技術】

【0002】

無線通信の分野において、マルチバスへの耐性のある変復調方式を用いて、複数の送信局から同時に送信することによって複数の信号経路を人為的に形成し、受信側で複数の受信到来波を合成することでバスダイバーシチによる効果を得て伝送特性の改善を図る手法がある。

【0003】

マルチバスへの耐性のある変復調方式には、たとえば、スペクトル拡散方式や、情報を広い周波数に渡って配置された多数のサブキャリアに分散させて伝送する直交周波数分割多重方式（OFDM；Orthogonal Frequency Division Multiple Muxing）、伝送シンボル内に位相や振幅の冗長を加えることで耐マルチバス性を発揮させるいわゆる「耐マルチバス変調方式」、例えば、凸状の位相冗長を加えたPSK-VP（Phase Shift Keying with Varied Phase）方式（非特許文献1）、振幅冗長を加えたPSK-RZ（Return to Zero Phase Shift Keying）方式（非特許文献2）などの変調方式に工夫が施されたものや、変調方式は通常であるが、受信側で等化器を用いることで耐マルチバス性を発揮させる方式がある。

【0004】

スペクトル拡散方式には、例えは、元の信号より広い帯域の拡散信号を掛け合わせる直接拡散方式（DSSS；Direct Sequence Spread Spectrum）や、周波数を広い帯域に渡ってホップさせる周波数ホッピング方式（FHSS；Frequency Hopping Spread Spectrum）、帯域の広いインパルスで拡散するタイムホッピング方式（THSS；Time Hopping Spread Spectrum）がある。

【0005】

このような、耐マルチバス性を有する変復調方式を用いてバスダイバーシチによる積極的な効果を発揮するためには、信号の到来時間差の上限と下限について、下記するような条件がある。ここでは、バスダイバーシチによる効果を発揮することができる到来時間差の下限を遅延分解能、上限を遅延上限とする。遅延分解能および遅延上限は、用いられる変復調方式の原理から定まる場合もあり、また、変復調方式のパラメータや実装上の制約から定まる場合もある。

【0006】

例えは、DSSS方式では、遅延分解能は拡散符号の1チップ長に相当し、遅延上限は拡散符号長に相当する。したがって、DSSS方式を用いて通信する場合、到来時間差が1チップ長以上であり、拡散符号長未満であれば、受信側で受信信号を遅延波成分に分離して合成（RAKE受信）し、バスダイバーシチ効果を得ることができる。

【0007】

また、OFDM方式の場合、信号に設定したガード区間で遅延波成分を吸収するために、遅延上限はガード区間の時間長に相当する。遅延波の到来時間差がガード区間以内であればシンボル間干渉が生じない、また、通常、複数のサブキャリアにまたがって誤り訂正

処理を施すので、一部のサブキャリアがマルチバス歪みで誤りを生じても情報を再現することができる。一方、遅延分解能は、周波数帯域幅の逆数程度に相当する。このように、OFDM方式を用いる場合、ガード区間による効果と、広い周波数帯に渡って情報を散在させて回収することによる周波数ダイバーシチ効果とによってバスダイバーシチによる効果を得ることができる。

【0008】

また、耐マルチバス変調方式のPSK-VP方式やPSK-RZ方式を用いる場合、遅延分解能としては、シンボル長の数分の1程度の時間以上、かつ、遅延上限として1シンボル時間未満であれば、マルチバスが無い環境に比べてバスダイバーシチ効果を発揮して受信特性が改善される。さらに、PSK方式、QAM方式などの通常のシングルキャリア方式でも、受信側でタップ付遅延線を用いた等化器を用いれば、遅延分解能として、シンボル長以上の遅延分解能で、遅延上限としては、タップ数で決まる時間長を上限に、遅延波成分を分離合成してバスダイバーシチ効果を発揮できる。

【0009】

そして、このような耐マルチバス性能を有する変復調方式を用い、バスダイバーシチによる効果を人為的に生じさせて伝送特性を改善させる無線伝送システムの例を以下に示す。

【0010】

特許文献1は、耐マルチバス性を有する変復調方式を用いて通信する無線伝送システムについて記載している。図37は、特許文献1に記載された無線伝送システムのブロック図である。図37では、信号が基地局310から移動局に送信される下り系のみが示されている。図37において、基地局310は、通信エリア（無線ゾーン）300を形成し、エリア内の移動局330とCDMA（Code Division Multiple Access）方式を用いて通信する。

【0011】

基地局310において、無線機311から出力される信号は、送信アンテナ322を介して、中継装置320および移動局330に送信される。中継装置320において、受信アンテナ322によって受信された信号S1は、遅延器324によって遅延されて合成器323に入力される。また、アンテナ321によって受信された信号S2は、合成器323に直接入力される。合成器323は、信号S1およびS2を合成する。合成器322によって合成された信号は、増幅器325によって増幅され、送信アンテナ326を介して移動局330に送信される。

【0012】

移動局330は、RAKE受信機であって、中継装置が遅延を与えた信号、与えなかった信号、および送信局が送信した信号の3つの信号を受信する。中継装置320において、遅延器324は、拡散符号系列の符号時間（チップ長）以上の遅延を信号S1に与えるため、複数信号の間にはチップ長以上の遅延が生じる。そして、受信側ではRAKE受信を行ってバスダイバーシチ効果を得て伝送特性の改善を図る仕組みとなっている。当該無線伝送システムでは、以上のようにして、別の伝送バス・遅延波を人為的に加えることと、バスダイバーシチによる効果を高めて伝送特性の改善を行うことを狙っている。

【特許文献1】特許第2764150号明細書

【特許文献2】特許第2506748号明細書

【非特許文献1】H. タカイ (H. Taka i), 「ビーイーアール バフォーマンス オプ アンチマルチバス モジュレーション スキーム ピーエスケー・ブイビー アンド イツツ オプティマム フェーズウェーブフォーム (BER Performance of Anti-Multipath Modulation Scheme PSK-VP and its Optimum Phase-Waveform)」, アイトリブルイー トランス・ブイイーエイチ・テクノロジー (IEEE, Trans. Veh. Technol.), Vol. VT-42, 1993 年11月, p 625-640

【非特許文献2】S. アリヤビスタクル (S. Ariyavitsakul), S. ヨシダ (S. Yoshida), F. イケガミ (F. Ikegami), K. タナカ (K. Tanaka), T. タケウチ (T. Takeuchi), 「ア バワーエ フィシェント リニア ディジタル モジュレータ アンド イツツ アプリケーション トゥー アン アンチマルチバス モジュレーション ピーエスケー・アールゼット スキーム (A Power-efficient linear digital modulator and its application to a n anti-multipath modulation PSK-RZ scheme)」, プロシードィングズ・オブ・アイトリブルイー・ビークラー・テクノロジー・カンファレンス・1987 (Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference 1987), 1987年6月, p 66-71

【非特許文献3】S. アリヤビスタクル (S. Ariyavitsakul), S. ヨシダ (S. Yoshida), F. イケガミ (F. Ikegami), T. タケウチ (T. Takeuchi), 「ア ノベル アンチマルチバス モジュレーション テクニック ディーエスケー (A Novel Anti-Multipath Modulation Technique DSK)」, アイトリブルイー・トランス・コミュニケーション (IEEE Trans. Communication), Vol. COM-35, No. 12, 1987年12月, p 1252-1264

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

上述したようなマルチバスへの耐性のある変復調方式において、下記するような事情にて、バスダイバーシチによる効果に寄与する独立なプランチについて、有効となる最大のプランチ数（以下、最大有効プランチ数）が少数に限られる場合がある。バスダイバーシチ効果に寄与する最大有効プランチ数は、遅延上限を遅延分解能で除した値以下になるが、遅延上限が遅延分解能に近接すると、これがごく小さな値になる。

【0014】

例えば、最大有効プランチ数が2の場合、遅延分解能だけ離れた到来遅延を有する2波に、さらに3波目が間の到来遅延に加わると、3波目は元の2波の両方に重畠され、受信機でのバス分解後も共通して残留することとなって、バスダイバーシチにおけるプランチ（枝）間の相関を増し、劣化が生じてしまう。このように、遅延上限が遅延分解能に近接し、バスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数が少数に限られるような場合においては、遅延を有するバスを付け加えさえすれば良いというわけにはいかないが、特許文献1および2を含め、従来、この問題を解決する方法を提案されている例が見当たらない。

【0015】

遅延上限が遅延分解能に近接し、バスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数が少数に限られるような場合について、各々の変復調方式に対して、さらに詳述すると以下のようになる。

【0016】

DSSS方式を用いる場合、遅延上限は拡散符号長に相当するため、拡散符号長が短くなり、遅延分解能に相当する拡散チップ長に近づくと、最大有効プランチ数が少数になる。例えば、拡散符号長が4チップ長であって、拡散率が4倍、すなわち、1シンボルが4チップの拡散符号で拡散されている場合、遅延分解能は1チップ長以上、遅延上限は4チップ長未満となるため、プランチ数は高々4つ程度になる。FHSS方式を用いる場合、遅延分解能は拡散帯域幅に相当し、遅延上限は、ホップシーケンス長によって定まる。したがって、拡散帯域幅が狭く、ホップシーケンス長が短い場合、最大有効プランチ数が少数に限られる。

【0017】

また、THSS方式を用いる場合、遅延分解能はパルス幅に相当し、遅延上限はパルスシーケンス長によって定まる。したがって、パルス幅が広く、パルスシーケンス長が短い場合、プランチ数が小数に限られる。同様に、OFDM方式では、遅延分解能はサブキャリアが分散配置された周波数帯域幅に相当し、遅延上限はガード区間長によって定まる。したがって、周波数帯域幅が狭く、ガード区間が短い場合、最大有効プランチ数が少数に限られる。PSK-VP方式やPSK-RZ方式を用いる場合、原理的に、遅延上限がシンボル長を越えられないため、元々、遅延分解能と遅延上限が近接している。

【0018】

次に、PSK-VP方式を例に、特性評価結果を基に具体的に説明する。

図38は、4相PSK-VP方式（以下、QPSK-VP方式）の2波ライスモデルにおける、2波の到来時間差に対するピット誤り率特性を示す図である。横軸は到来時間差をシンボル長Tで規格化した値を示し、縦軸はピット誤り率を示している。なお、伝送路は $E_b/N_0 = 25\text{ dB}$ の2波ライスフェージング環境である。図38より、到来時間差が0.3シンボル長から0.7シンボル長の範囲でバスダイバーシチ効果による積極的な改善が行われて、 $1E-5$ 以下の良好なピット誤り率になる。つまり、バスダイバーシチによる積極的な改善効果が得られる遅延分解能は0.2シンボル長程度、遅延上限は0.7シンボル長程度である。

【0019】

図39は、QPSK-VP方式における2遅延波と3遅延波の場合のピット誤り率特性を示す図であり、図40は、図39における2遅延波と3遅延波の時間関係を示している。なお、各遅延波はライスフェージング波で、3遅延波は、2遅延波の場合にさらに中間の時間位置に3波目を挿入した伝送路モデルである。図39に示すように、受信波が2波である場合に比べ、2波の間に3波目が挿入された場合のピット誤り率が劣化していることがわかる。これは、3波の場合、3波目は、両側の2波に対して分離されず、同じ干渉を与える、あるいは、相関を高めることとなって、劣化を招くことが確認できる。

【0020】

また、等化器を用いる場合、遅延分解能はシンボル長、遅延上限は等化フィルタのタップ長で決まる。したがって、シンボル長に比べ、フィルタタップの時間長が短い場合、同様のケースとなる。なお、等化器においては、タップ数は回路規模を大きく左右するため、回路規模の制約から遅延上限が制限される場合が多い。

【0021】

このように、遅延波成分を分離できる遅延分解能と遅延上限とが有意に接近するような場合、バスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数が少数に限られるため、不用意に遅延を有するバスを付け加えると、伝送特性の劣化を招いてしまうことが課題となる。

【0022】

それゆえに、本発明の目的は、バスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数が少数に限られる場合であっても、バスダイバーシチによる効果を最大限に發揮することができる無線伝送システムおよび無線伝送方法、ならびにそれらに用いられる無線局および送信局を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0023】

本発明は、複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムであって、信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、信号の送信を開始する送信開始タイミングとする送信タイミング制御手段と、送信タイミング制御手段によって決定された送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチバス性を發揮する変調方式で変調された信号を送信する送信手段と、受信局に設けられ、送信されてきた信号を受信する受信手段とを備え、所定の遅延量は、受信手段によって信号が受信される受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数以下となる大きさで

あり、所定の遅延量は、各受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする。

【0024】

本発明によれば、無線局の数が、受信局において、バスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数よりも多い場合であっても、受信局が信号を受信するタイミングの数を最大有効ブランチに等しい数とすることができます。これにより、無線伝送システムの最大有効ブランチ数に制限がある場合においても、最大限のバスダイバーシチ効果を得ることができます。したがって、無線伝送システムにおける伝送特性を改善することができます。

【0025】

好ましくは、送信タイミング制御手段および送信手段は無線局に設けられ、各無線局が持ち合わせる基準タイミングは予め定められており、各無線局が持ち合わせる基準タイミングは同一のタイミングであるとよい。

【0026】

これにより、各無線局は、同一のタイミングに基づいて信号を遅延させて送信することができる。

【0027】

また、さらに、受信局へ送信すべき信号を無線局に送信する送信局を備え、送信局は、受信局へ送信すべき信号を無線局に送信する送信元信号送信手段を含み、送信タイミング制御手段および送信手段は無線局に設けられ、無線局は、送信元信号送信手段によって送信された信号を受信する中継受信手段と、中継受信手段によって信号が受信されたタイミングを検出するタイミング検出手段とを含み、送信タイミング制御手段は、タイミング検出手段によって検出されたタイミングを基準タイミングとし、送信手段は、中継受信手段によって受信された信号を受信局へ送信してもよい。

【0028】

これにより、各無線局は、共通の基準タイミングを予め保持しておく必要がない。

【0029】

例えば、タイミング検出手段は、信号に含まれるユニークワードを検出してもよい。

【0030】

また、さらに、受信局へ送信すべき信号を無線局に送信する送信局を備え、送信局は、受信局へ送信すべき信号を無線局に送信する送信元信号送信手段と、所定の遅延量を、複数の候補値から選択する遅延量選択手段と、基準タイミングから、遅延量選択手段によって選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを、信号を受信局へ送信する再送信開始タイミングとする再送信開始タイミング決定手段と、再送信開始タイミング決定手段によって決定された再送信開始タイミングに、信号を受信局へ送信する再送信信号送信手段とを含み、送信タイミング制御手段および送信手段は、無線局に設けられており、無線局は、送信元信号送信手段によって送信された信号を受信する中継受信手段を含み、送信手段は、中継受信手段によって受信された信号を受信局へ送信してもよい。

【0031】

これにより、無線局のみが信号を送信する場合に比べ、受信局がに到達する到来波の数を増加させることができる。また、例えば、無線伝送システムの最大有効ブランチ数よりも無線局の数が少ない場合に、送信局が信号を再送信することとすれば、バスダイバーシチによる効果をより高めることができる。

【0032】

また、さらに、受信局へ送信すべき信号を無線局に送信する送信局を備え、送信局は、無線局が送信する信号に与えるべき遅延量を、複数の候補値から選択する遅延量選択手段と、遅延量選択手段によって選択された遅延量を信号に付加する遅延量付加手段と、遅延量付加手段によって遅延量が付加された信号を無線局に送信する送信元信号送信手段とを含み、送信タイミング制御手段は、無線局に設けられ、無線局は、送信元信号送信手段に

よって送信された遅延量が付加された信号を受信する中継受信手段と、中継受信手段によって受信された信号から遅延量を抽出する遅延量抽出手段とを含み、送信タイミング制御手段は、遅延量抽出手段によって抽出された遅延量が示す遅延量の分だけ基準タイミングから遅延させたタイミングを送信開始タイミングとし、送信手段は、中継受信手段によって受信された信号を受信局へ送信してもよい。

【0033】

これにより、各無線局は、遅延量を予め保持しておく必要がない。さらに、各無線局の遅延量は、均等に分散されることとなるため、効果的に受信タイミングを分散させることができる。

【0034】

また、さらに、受信局へ送信すべき信号を無線局に送信する送信局を備え、送信タイミング制御手段および送信手段は、送信局に設けられ、送信局は、各無線局に送信する信号に与えるべき遅延量を複数の候補値から選択する遅延量選択手段を含み、送信タイミング制御手段は、基準タイミングから遅延量選択手段によって選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを送信開始タイミングとし、送信手段は、送信タイミングに、信号を無線局に送信し、無線局は、送信局から送信してきた信号を受信する中継受信手段と、中継受信手段によって受信された信号を受信局へ送信する中継送信手段とを含んでいてもよい。

【0035】

これにより、送信局が、信号を送信するタイミングを制御するため、各無線局に、信号の送信開始タイミングを制御する手段を設ける必要がない。したがって、無線局の構成を簡易なものとすることができます。

【0036】

また、複数の無線局は、互いに所定の距離内に位置する無線局の通信範囲が一部重複するように配置され、送信局は、さらに、遅延量選択手段によって選択された遅延量と同一の遅延量が割り当てられた無線局から送信される信号が受信局に到達するタイミングが等しくなるように遅延量を調整する遅延量調整手段を含み、遅延量付加手段は、遅延量調整手段によって調整された遅延量を示す遅延信号を生成し、受信手段は、互いに隣接する無線局から送信される信号を異なるタイミングで受信してもよい。

【0037】

これにより、各無線局と受信局との距離の差が大きい場合においても、受信局が信号を受信するタイミングを最大有効ブランチ数以下とすることができます。したがって、最大有効ブランチ数に制限がある場合であっても、無線局および受信局の間の距離に関わらず、バスダイバーシチによる最大限の効果を得ることができます。

【0038】

また、複数の無線局は、互いに所定の距離内に位置する無線局の通信範囲が一部重複するように配置され、送信局は、さらに、遅延量選択手段によって選択された遅延量と同一の遅延量が割り当てられた無線局から送信される信号が受信局に到達するタイミングが等しくなるように遅延量を調整する遅延量調整手段を含み、送信タイミング制御手段は、基準タイミングから、遅延量調整手段によって調整された遅延量だけ遅延させたタイミングを送信開始タイミングとし、受信手段は、互いに隣接する無線局から送信される信号を異なるタイミングで受信してもよい。

【0039】

これにより、各無線局と受信局との距離の差が大きい場合においても、受信局が信号を受信するタイミングを最大有効ブランチ数以下とすることができます。したがって、最大有効ブランチ数に制限がある場合であっても、無線局および受信局の間の距離に関わらず、バスダイバーシチによる最大限の効果を得ることができます。また、全ての無線局から送信される信号を、受信局に対して干渉を生じさせず、バスダイバーシチによる効果に寄与させることができる。

【0040】

また、無線局は、線状に配置されていてもよい。また、線状に配置された無線局の組が

複数あり、当該線状に配置された無線局の組は、互いに平行になるように配置されていてもよい。これにより、より広い通信エリアをカバーすることができる。

【0041】

所定の遅延量の数は、最大有効ブランチ数に等しいこととしてもよく、所定の遅延量の数は、2つであってもよい。

【0042】

また、さらに、複数の候補値から所定の遅延量を選択する遅延量選択手段を備え、遅延量選択手段によって選択されるべき遅延量は予め定められており、送信タイミング制御手段は、遅延量選択手段によって選択された遅延量に基づいて送信開始タイミングを決定してもよい。

【0043】

これにより、無線局に全ての複数の候補値を記憶させておけばよいため、無線局ごとに遅延量を設定する必要がない。したがって、簡易に遅延量を設定することができる。また、無線局は、複数の候補値を保持しているため、選択する遅延量を変更することも容易になる。

【0044】

また、さらに、複数の候補値から所定の遅延量をランダムに選択する遅延量選択手段を備え、送信タイミング制御手段は、遅延量選択手段によって選択された遅延量に基づいて送信開始タイミングを決定してもよい。

【0045】

これにより、無線局に全ての複数の候補値を記憶させておけばよいため、無線局ごとに遅延量を設定する必要がない。

【0046】

一例として、変調方式および復調方式にスペクトル拡散方式を用いてもよいし、変調方式および復調方式に周波数直交多重方式を用いてもよい。

【0047】

他の例として、変調方式にPSK-VPSK方式を用いてもよい。

【0048】

他の例として、変復調方式にシングルキャリア方式を用い、復調方式に等化器を用いてもよい。

【0049】

また、送信局と無線局とは、無線を介して接続されていてもよく、送信局と無線局とは、有線伝送路を介して接続されていてもよい。

【0050】

また、本発明は、複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムに用いられる無線局であって、信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、信号の送信を開始する送信開始タイミングとする送信タイミング制御手段と、送信タイミング制御手段によって決定された送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチパス性を発揮する変調方式で変調された信号を送信する送信手段とを備え、所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシティによる効果に寄与する最大有効ブランチ数以下となる大きさであり、所定の遅延量は、各受信タイミングの差が、バスダイバーシティによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシティによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする。

【0051】

また、本発明は、複数の無線局を経由して受信局に信号を送信する送信局であって、各無線局に送信する信号に与えるべき遅延量を複数の遅延量の中から選択する遅延量選択手段と、信号を送信する基準となる基準タイミングから、遅延量選択手段によって選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを、信号の送信を開始する送信開始タイミングとする

送信タイミング制御手段と、送信開始タイミングになると、信号を無線局に送信する送信手段とを備え、所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数以下となる大きさであり、所定の遅延量は、各受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする。

【0052】

また、本発明は、複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムに用いられ、受信局に信号を送信するための方法であって、信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、信号の送信を開始する送信開始タイミングとするステップと、送信開始タイミングを決定するステップにおいて決定された送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチバス性を発揮する変調方式で変調された信号を送信するステップと、受信局に設けられ、送信されてきた信号を受信するステップとを備え、所定の遅延量は、受信手段によって信号が受信される受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数以下となる大きさであり、所定の遅延量は、各受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする。

【0053】

また、本発明は、複数の無線局が信号を受信局へ送信する無線伝送システムに用いられ、無線局が信号を送信するための方法であって、信号を送信する基準となる基準タイミングから、所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを、信号の送信を開始する送信開始タイミングとするステップと、送信開始タイミングを決定するステップにおいて決定された送信開始タイミングに、受信側において復調されることによって耐マルチバス性を発揮する変調方式で変調された信号を送信するステップとを備え、所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数以下となる大きさであり、所定の遅延量は、各受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする。

【0054】

また、本発明は、送信局が、複数の無線局を経由して受信局に信号を送信するための方法であって、各無線局に送信する信号に与えるべき遅延量を複数の遅延量の中から選択するステップと、信号を送信する基準となる基準タイミングから、遅延量を選択するステップにおいて選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを、信号の送信を開始する送信開始タイミングとするステップと、送信開始タイミングになると、信号を無線局に送信するステップとを備え、所定の遅延量は、受信側が信号を受信する受信タイミングの数が複数となり、かつ当該受信タイミングの数がバスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効プランチ数以下となる大きさであり、所定の遅延量は、各受信タイミングの差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延分解能以上となり、かつ受信タイミングの最大値および最小値の差が、バスダイバーシチによる効果が得られる遅延上限以下となる大きさであることを特徴とする。

【発明の効果】

【0055】

本発明によれば、バスダイバーシチによる効果を得ることができるプランチの数が少数に限られる場合であっても、最大限のバスダイバーシチ効果を発揮することができる無線通信システムが提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0056】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0057】

(第1の実施形態)

図1は、本発明の第1の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図である。図1において、無線伝送システムは、複数の無線局11と、受信局12とを備える。各無線局11と、受信局12とは無線で接続されている。本実施形態において、無線伝送システムが備える無線局11は4つである。この4つの無線局11を区別する必要がある場合、それぞれ無線局A～Dと呼ぶ。また、4つの無線局A～Dを特に区別する必要がない場合、無線局11と総称する。

【0058】

各無線局11は、受信局12に送信するための送信データと、送信データを送信するための基準のタイミング(以下、基準タイミングと呼ぶ)を示す基準タイミング信号とを保持している。各無線局11が持ち合わせる送信データおよび基準タイミング信号は、全ての無線局11に共通のものである。

【0059】

また、無線局A～Dは、それぞれ遅延量tA～tDを保持している。遅延量tA～tDは、遅延量の候補値T1またはT2のいずれかに等しい値である。無線局A～Dは、基準タイミング信号が示す基準タイミングに遅延量tA～tDを与えてデータを送信する。

【0060】

受信局12は、無線局A～Dから送信されてきた4つの信号を受信する。

【0061】

図2は、図1に示す無線局11の構成を示すブロック図である。無線局11は、変調部21と、データ保持部22と、送信タイミング制御部23と、RF部24と、アンテナ25とを含む。

【0062】

送信タイミング制御部23は、基準タイミング信号と、予め定められている遅延量に基づいて、受信局12に送信する信号の送信タイミングを制御する。具体的には、送信タイミング制御部23は、基準タイミング信号が示す基準タイミングから遅延量だけ遅延させたタイミングを送信開始タイミングとする。そして、送信タイミング制御部23は、送信開始タイミングになると、送信開始を指示するための送信開始信号を生成して変調部21に渡す。

【0063】

データ保持部22は、変調部21の要求に応じて、予め保持している送信データを読み出して変調部21に渡す。

【0064】

図3は、PSK-VP方式を用いる場合における変調部21の構成を示すブロック図である。図3において、変調部21は、読み出し制御部41と、波形出力部42と、D/A変換器43とを有する。

【0065】

読み出し制御部41は、ペースクロックで動作するカウンタで構成されている。読み出し制御部41は、送信開始信号を受け取ると、カウンタ値に基づいて、送信パケットデータを読み出すためのデータ読み出しクロックと、変調波形のデータを読み出すためのアドレスを示すアドレス信号とを生成する。読み出し制御部41は、生成したデータ読み出しクロックをデータ保持部22に渡し、アドレス信号を波形出力部42に渡す。

【0066】

データ保持部22は、受け取ったデータ読み出しクロックに同期して、送信データを読み出して変調部21の読み出し制御部41に渡す。

【0067】

波形出力部42は、受け取ったアドレス信号に基づいて送信データに応じた変調波形の

データを波形メモリ(図示せず)から読み出す。

【0068】

D/A変換器43は、波形出力部42から得られる信号をアナログ信号に変換し、変調ベースバンド信号として出力する。

【0069】

以上のように、変調部21は、送信開始信号を受け取ると、変調波形を波形メモリから読み出すためのアドレス信号を生成する。これにより、変調ベースバンド信号を出力するタイミングは、送信開始信号を受け取ったタイミングに応じてベースクロック単位で変化する。また、ベースクロックは、通常、シンボル周波数(シンボル長の逆数)の数倍から十数倍の周波数が用いられることが多い。したがって、シンボル長の数分の1から十数分の1の単位で、変調ベースバンド信号を出力するタイミングを調整することができる。

【0070】

なお、図3では、PSK-VP方式を用いる場合について説明したが、他の変調方式(例えは、PSK-RZ方式やDSK方式)を用いて信号を変調する場合、波形メモリに格納する変調波形のデータを変更すればよい。

【0071】

変調部21は、送信開始信号を受け取ると、送信データを変調して変調ベースバンド信号に変換する。RF部24は、変調ベースバンド信号をRF帯に周波数変換し、アンテナ25から送信する。

【0072】

図4は、図1に示す受信局12の構成を示すブロック図である。図4において、受信局12は、アンテナ31と、RF部32と、復調部33とを有する。

【0073】

RF部32は、アンテナ31が受信したRF帯の受信信号を受信ベースバンド信号に変換する。復調部33は、RF部32によって変換された受信ベースバンド信号を復調し、受信データを得る。

【0074】

図5は、PSK-VP方式を用いる場合における復調部33の構成を示すブロック図である。復調部33は、検波部51と、検波後フィルタ52と、データ判定部53とを含む。

【0075】

検波部51は、受信局12のRF部32から出力される受信ベースバンド信号を検波する。検波後フィルタ52は、検波信号を低域ろ過する。データ判定部53は、検波後フィルタ52から出力される信号を判定し、復調データを得る。

【0076】

図6は、以上のように構成される無線局11の動作を示すフローチャートである。まず、無線局11において、データ保持部22は、送信データを保存する(ステップS501)。送信タイミング制御部23は、基準タイミングから所定の遅延量だけ遅延させたタイミングを送信開始タイミングとする(ステップS502)。

【0077】

そして、送信タイミング制御部23は、送信開始タイミングになったか否かを判断し(ステップS503)、送信開始タイミングになると、送信開始信号を生成して変調部21に渡す。送信データは、変調部21によって変調された後、RF部24およびアンテナ25を経由して受信局12に送信される(ステップS504)。

【0078】

次に、各無線局が保持する遅延量T1およびT2を決定する方法について説明する。変調方式に固有であり、バスタイバーシチを効果的に得ることができる遅延量差trは、 $T_{min} \leq tr \leq T_{max}$ を満たさなければならない。例えは、QPSK-VP方式を用いて通信する場合について説明する。従来技術の欄で説明したように、図38には、QPSK-VP方式のピット誤り率特性が示されている。

【0079】

図38で説明したように、ピット誤り率が最良となる遅延分解能(T_{min})は0.3シンボル長程度、遅延上限(T_{max})は0.7シンボル長程度である。ここで、最大有効ブランチ数は、 $0.7 / 0.3 = 2$ と求められる。ここで、受信局12が、3つの到来波を到来時間について制約なしに受信しようとすると、最大有効ブランチ数を超えて、図39で示したように伝送特性の劣化が生じうる。

【0080】

図7は、無線局A～Dが信号を送信するタイミングを示す図である。前述したように、無線局A～Dが保持する遅延量 $t_A \sim t_D$ は、T1またはT2の2種類である。また、T1およびT2は、 $T_{min} \leq T_2 - T_1 \leq T_{max}$ を満たす値である。図7に示すように、4つの無線局A～Dは、基準タイミング T_0 に遅延量T1またはT2を与えたタイミング、つまり $(T_1 + T_0)$ または $(T_2 + T_0)$ のいずれかのタイミングで信号を送信する。無線局A～Dが信号に与える遅延量 $t_A \sim t_D$ は、例えば、 $t_A = t_C = T_1$ 、 $t_B = t_D = T_2$ となるように設定される。

【0081】

なお、本実施形態において、無線局A～Dと受信局12との間の伝搬時間 $a_{A \sim A}$ は、無視できるほどに小さいか、または全て同じであるものとする。図7では、伝搬時間 $a_{A \sim A}$ を、 α とおいている。

【0082】

受信局12は、タイミング $(T_1 + \alpha + T_0)$ とタイミング $(T_2 + \alpha + T_0)$ の2つのタイミングで、無線局A～Dから送信されてくる信号を受信する。この2つのタイミングは、 $(T_2 - T_1)$ の時間差がある。したがって、バスダイバーシチによる効果を発揮して、無線伝送システムにおける伝送特性を改善することができる。

【0083】

以上のように、本実施形態によれば、無線局の数が、受信局が受信可能な最大有効ブランチ数よりも多い場合であっても、受信局が信号を受信するタイミングの数を最大有効ブランチに等しい数とすることができます。これにより、バスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチ数に制限がある場合においても、バスダイバーシチによる効果を最大限に得ることができます。したがって、無線伝送システムにおける伝送特性を改善することができる。

【0084】

なお、本実施形態では、無線局が4つである場合について説明した。ここで、2つの送信タイミングに分類される無線局の数は、同数程度であることが好ましい。例えば、無線局の数が5つである場合、遅延量T1を保持する無線局が2つ、遅延量T2を保持する無線局が3つ、というように設定すればよい。

【0085】

また、本実施形態では、4つの無線局は、予め遅延量T1またはT2のいずれかを保持していた。ここで、各無線局は、遅延量T1およびT2の双方を保持していることとしてもよい。このとき、選択する遅延量は常に同一であってもよく、また、ランダムに選択されてもよい。さらに、遅延量の候補値T1、T2は、 $T_2 - T_1 = (T_{min} + T_{max}) / 2$ をさらに満たすように設定することが好ましい。これにより、受信局は、許容される到来時間差の範囲内において、信号を受信することができる。

【0086】

また、各無線局が共有する基準タイミング信号は、無線局以外の局（例えば、親局や送信局）から受信するビーコン信号に基づくタイミングであってもよいし、GPS (Global Positioning System) 信号に含まれる時間情報や、電波時計から得られる時間タイミングなどであってもよい。

【0087】

また、本実施形態では、無線局および受信局は、QPSK-VP方式を用いて通信していた。ここで、変調方式として、非特許文献2に記載されているPSK-RZ方式や、非

特許文献3に記載されている、遅延上限が0.5シンボル長程度のDSK方式を用いて通信することとしてもよい。この場合においても、第1の実施形態と同様に、変調方式に応じて決まる T_{min} 、 T_{max} をもとに、 $T_{min} \leq T_2 - T_1 \leq T_{max}$ を満たすように T_1 および T_2 を設定すればよい。

【0088】

さらに、変調方式としてOFDM方式を用いる場合も、本発明による無線伝送システムと同様の効果を得ることができる。

【0089】

図8は、OFDM方式を用いて通信する場合における変調部21aの構成を示すブロック図である。図8において、変調部21aは、読み出し制御部61と、符号化部62と、インタリーブ部63と、多値変調マッピング部64と、変換開始信号生成部65と、時間領域変換部66と、ガードインターバル付加部67と、ブリアンブル付加部68と、D/A変換部69とを有する。

【0090】

読み出し制御部61の動作は、図3に示す読み出し制御部41の動作と同様である。読み出し制御部61は、生成した読み出しクロックをデータ保持部22に出力して送信データを受け取り、これを符号化部62へ出力する。

【0091】

符号化部62は、例えば、畳み込み符号を用いて、誤り訂正のための符号化を行う。インタリーブ部63は、符号化部62によって符号化された信号にインタリーブ処理を施す。多値変調マッピング部64は、インタリーブ処理が施された信号に、PSKやQAMなどのディジタル変調方式によるシンボルマッピングを行い、周波数領域信号を生成する。

【0092】

変換開始信号生成部65は、送信タイミング制御部23から送信開始信号を受け取ると、周波数領域信号を時間領域信号に変換するタイミングを示す変換開始信号を生成して時間領域変換部66に渡す。

【0093】

時間領域変換部66は、受信側の変換開始信号を受け取ると、周波数領域信号を時間領域信号に変換してOFDM信号とする。ガードインターバル付加部67は、OFDMのシンボルごとにガードインターバルを付加して、OFDM変調した信号を出力する。

【0094】

ブリアンブル付加部68は、同期処理に用いるためのブリアンブルを信号に付加する。D/A変換部69は、ブリアンブルが付加されたディジタルのOFDM信号をアナログ信号に変換し、変調ベースバンド信号として出力する。

【0095】

図9は、図8に示す変調部21aの主要部において生成される信号および送信開始信号のタイミングを示す図である。

【0096】

変調部21aにおいて、変換開始信号生成部65は、送信タイミング制御部23から送信開始信号を受け取ると、変換開始信号を生成する。時間領域変換部66は、変換開始信号が示すタイミングに従って、周波数領域信号を時間領域信号に変換してOFDMシンボルを生成する。このように、変調部21aは、送信開始信号を受け取ると、送信データを変調する。

【0097】

図10は、OFDM方式を用いて通信する場合における復調部33aの構成を示すブロック図である。図10において、復調部33aは、同期回路部71と、ガードインターバル除去部72と、周波数領域変換部73と、多値変調デマッピング部74と、デインタリーブ部75と、誤り訂正部76とを有する。

【0098】

同期回路部71は、OFDMシンボルに対するシンボル同期信号を生成し、復調部33

aが有する他の部に出力する。シンボル同期信号は、各部における内部処理用のタイミングに用いられる。ガードインターバル除去部72は、受信ベースバンド信号から各OFDMシンボルに含まれるガード区間を除去する。

【0099】

周波数領域変換部73は、時間領域信号を周波数領域信号に変換する。多値変調デマッピング部74は、周波数領域信号から多値変調のコンスタレーション上のデマッピング処理を行って判定データを得る。デインタリープ部75は、判定データにデインタリープ処理を施す。誤り訂正部76は、デインタリープ処理されたデータに誤り訂正処理を施して、受信データを得る。例えば、誤り訂正処理に重複符号が用いられている場合、ビタビ復号処理が行われる。

【0100】

OFDM方式では、到來時間差がガード区間以内であればシンボル間干渉を起こさず、誤りを生じない。さらに、通常、複数キャリアにまたがって誤り訂正が行われる。したがって、スペクトル全体が落ち込むようなフラットフェージングより、スペクトルに複数のノッチが生じるような周波数選択性フェージングの方が、バスダイバージチ効果を発揮する。また、OFDM方式では、遅延分解能 T_{min} は周波数帯域幅の逆数に相当し、遅延上限 T_{max} は、ガード区間長に相当する。したがって、図8に示す変調部21aと、図10に示す復調部33aとを用いる場合、 $T_{min} \leq T_2 - T_1 \leq T_{max}$ を満たすように、遅延量の候補値 T_1 および T_2 を設定すればよい。

【0101】

さらに、変調方式にシングルキャリア方式を用い、復調方式に伝送路歪を補償する等化器を用いた場合も、第1の実施形態と同様の効果を得ることができる。このときの変調部の構成は、PSK方式の変調部21の構成において、波形メモリに格納されている変調波形のみが異なるため、図3を援用する。

【0102】

図11は、シングルキャリア方式を用いて通信する場合における復調部33bの構成を示すブロック図である。図11において、復調部33bは、検波部91と、等化器92と、シンボル同期部93と、データ判定部94とを有する。等化器92は、トランスバーサルフィルタ95と、誤差検出部97と、係数更新部96とからなる。

【0103】

検波部91は、受信ベースバンド信号を検波する。等化器92において、トランスバーサルフィルタ95は、係数更新部96から出力されるフィルタ係数に従って受信ベースバンド信号を等化し、等化信号として出力する。誤差検出部97は、等化信号と、復調データとの誤差を検出する。係数更新部96は、誤差検出部97によって検出された誤差に基づいて、トランスバーサルフィルタのフィルタ係数を更新する。

【0104】

シンボル同期部93は、トランスバーサルフィルタ95から出力された信号をクロック再生することによって、シンボルタイミングを再生する。データ判定部94は、シンボルタイミングに従って等化後の信号をサンプリングし、復調データを得る。

【0105】

等化器を用いる場合、遅延分解能 T_{min} は、シンボル長に相当し、遅延上限 T_{max} は、タップ数で決まる時間長に相当する。したがって、図3に示す変調部21と、図11に示す復調部33bを用いる場合、 $T_{min} \leq T_2 - T_1 \leq T_{max}$ を満たすように、遅延量の候補値 T_1 および T_2 を設定すればよい。

【0106】

(第2の実施形態)

第1の実施形態では、PSK-VP方式を用いて通信する場合について説明したが、第2の実施形態では、DSSS方式を用いて通信する場合について説明する。第2の実施形態に係る無線伝送システムは、第1の実施形態と比較すると、変調部および復調部の構成が異なるが、その他の構成は第1の実施形態と同様であるため、図1を援用するが、無線

伝送システムが備える無線局の数が5つであるものとして説明する。また、5つ目の無線局を無線局A～Dと区別するために無線局Eと呼ぶ。

【0107】

図12は、DSSS方式を用いて通信する場合における変調部21cの構成を示すブロック図である。図12において、変調部21cは、1次変調部101と、2次変調部102とを有する。1次変調部101は、読み出し制御部104と波形出力部105とからなる。2次変調部102は、拡散符号制御部106と、乗算器107とからなる。

【0108】

1次変調部101において読み出し制御部104は、送信開始信号が発生したことを受けてから、読み出しクロックを生成し、生成した読み出しクロックをデータ保持部22に出力して送信データを受け取り、送信データに基づいたアドレス信号を波形出力部105に渡す。波形出力部105は、予め変調波形のデータを波形メモリに格納しておいて、アドレス信号に応じた変調波形のデータを読み出し、1次変調信号として出力する。

【0109】

2次変調部102において、拡散符号制御部106は、送信開始信号を受け取ると、拡散信号を乗算器107に出力する。乗算器107は、1次変調信号を拡散信号で拡散する。D/A変換器108は、拡散されたディジタル信号をアナログ信号に変換し、変調ベースバンド信号として出力する。以上のように、変調部21cは、送信開始信号を受け取ると、信号の拡散変調を開始する。これにより、データに所定の遅延量を与えて送信することができる。なお、本実施形態では、4チップ長の拡散符号を用いる場合を例に説明する。

【0110】

図13は、DSSS方式を用いて通信する場合における復調部33cの構成を示すブロック図である。図13において、復調部33cは、2つのフィンガー111-1～111-2と、合成部112と、符号判定部113とを有する。フィンガー111-1～111-2は、相関器114-1～114-2と、検波器115-1～115-2と、振幅位相検出部116-1～116-2とからなる。

【0111】

相関器114-1～114-2は、受信した拡散信号を逆拡散し、逆拡散信号を生成する。検波器115-1～115-2は、逆拡散信号を検波し、検波信号を生成する。振幅位相検出部116-1～116-2は、検波信号から振幅と位相とを検出し、それぞれ振幅情報および位相情報をとして出力する。

【0112】

合成部112は、2系統の検波信号をそれぞれの振幅情報と位相情報をもとに合成し、合成信号を生成する。符号判定部113は、合成信号を符号判定して受信データを得る。

【0113】

ここで、バスダイバーシチを効果的に得ることができる遅延量の下限 T_{min} と上限 T_{max} とは、拡散符号長が4チップ長の場合、チップ長を T_c とすると、 $T_{min} = T_c$ 、 $T_{max} = 4 \times T_c$ となる。したがって、バスダイバーシチが得られる最大の有効プランチ数は高々4つ程度である。一般的に、受信局に設けるフィンガーの数を増やすことによって、ダイバーシチ効果を向上させることができると、回路規模が増大してしまう。ここでは、復調部33cが、フィンガーの数が2つである場合(2フィンガー)を例に説明する。

【0114】

また、送信タイミング制御部23の動作は、第1の実施形態と同様である。例えば、無線局A～Eの遅延量が、 $t_A = t_C = t_E = T_1$ 、 $t_B = t_D = T_2$ に設定されている場合、受信局12は、タイミング($T_1 + \alpha + T_0$)または($T_2 + \alpha + T_0$)のいずれかタイミングで信号を受信する。この2つの受信タイミングは、($T_2 - T_1$)の時間差がある。

【0115】

これにより、受信局12が、3つ以上の無線局から送信される信号を受信する場合であっても、受信タイミングは2つに集約される。また、2つの受信タイミングの時間差は、受信局12が到来波を分離することができる時間差である。したがって、すべての無線局からの信号について、2つのフィンガーで非相関的な検波出力を得ることができるために、受信局でのバスダイバーシチによる効果を最大限に發揮して伝送特性を改善することができる。

【0116】

さらに、候補値の数を、最大有効プランチと同数の4つにして、 $T_1 = T_c$ 、 $T_2 = 2T_c$ 、 $T_3 = 3T_c$ 、 $T_4 = 4T_c$ として、 $t_A = t_E = T_1$ 、 $t_B = T_2$ 、 $t_C = T_3$ 、 $t_D = T_4$ の遅延量を与えて送信してもよい。これにより、複数の送信局からの信号のいずれかが遮断されてしまうような受信環境下においても、候補値が2つの場合と比べてより高い確率で、受信局が到来時間の異なる遅延波を受信することができる。具体的には、候補値が2つの場合($t_A = t_E = T_1$ 、 $t_B = T_2$ 、 $t_C = T_1$ 、 $t_D = T_2$)、無線局BおよびDからの信号が遮断されると、受信局における受信タイミングが1つになってしまう。しかしながら、候補値が4つ($t_A = t_E = T_1$ 、 $t_B = T_2$ 、 $t_C = T_3$ 、 $t_D = T_4$)であれば、無線局A、CおよびEからの信号を、チップ時間差以上、かつ2つの受信タイミングで受信することができる。

【0117】

以上のように、本実施形態によれば、DSSS方式を用いて通信する場合においても、受信局が信号を受信するタイミングの数を、最大有効プランチ数以下にすることができる、受信タイミングの時間差についても、遅延分解能以上かつ遅延上限以下で受信できるため、バスダイバーシチによる効果を最大限に發揮することができる。

【0118】

以下、本発明に係る無線伝送システムを、さまざまな伝送形態で示す。変調方式には、QPSK-VP方式を用いる場合を例に説明する。なお、バスダイバーシチを効果的に發揮する遅延量 t_r は、 $T_{min} \leq t_r \leq T_{max}$ を満たすものとする。

【0119】

(第3の実施形態)

第3の実施形態に係る無線伝送システムは、受信局へ送信すべき信号を無線局に送信する送信局をさらに備える点で、第1の実施形態に係る無線伝送システムと相違する。

【0120】

図14は、本発明の第3の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図である。図14において、無線伝送システムは、送信局13と、複数の無線局14と、受信局12とを備える。送信局13と、複数の無線局14とは、無線で接続されており、複数の無線局14と受信局12とは、送信局13および無線局14と同様に、無線で接続されている。また、送信局12の構成は、図2に示す無線局11の構成から送信タイミング制御部23を除いた構成である。また、受信局12の構成も、図1に示す受信局12の構成と同様であるため、説明を省略する。

【0121】

本実施形態において、無線伝送システムは、4つの無線局14を備える。ここで、第1の実施形態と同様に、4つの無線局を区別する場合には、無線局A1～D1と呼ぶ。また、無線局A1～D1を特に区別する必要がない場合には、無線局14と総称する。

【0122】

図15は、送信局13および無線局14が送信する信号に用いられるフレームの構成を示す図である。図15において、フレームは、ブリアンブル(以下、PRと呼ぶ)と、ユニークワード(以下、UWと呼ぶ)と、情報データとから構成される。PRは、利得制御やシンボル同期、周波数同期などのために用いられる。UWは、フレーム種別の判定やフレーム同期に用いられる。情報データは、送信側が送ろうとするデータを含む。

【0123】

図16は、図14に示す無線局14の構成を示すブロック図である。図16に示す無線

局14の構成は、図1に示す、第1の実施形態に係る無線局11の構成に、さらに、復調部26、UW検出部27および遅延量設定部28とを含む。また、図1と同様の構成要素には同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。

【0124】

送信局13が送信した送信信号は、無線局14のアンテナ25で受信され、RF部24で周波数変換された後、復調部26に入力される。復調部26は、入力された信号を復調して送信データを得る。

【0125】

UW検出部27は、復調部26から出力される送信データに含まれるUWを検出すると、UW検出信号を生成して送信タイミング制御部23に渡す。

【0126】

遅延量設定部28は、複数の遅延量の候補値から遅延量を選択し、送信タイミング制御部23に渡す。以下、遅延量の候補値は、T1およびT2の2種類であるものとして説明する。遅延量設定部28は、T1およびT2から遅延量を選択するか、いずれの値を選択するかは、無線局ごとに予め設定されている。

【0127】

送信タイミング制御部23は、UW検出信号を受け取ったタイミングを基準タイミングとする。なお、UW検出信号を受け取ってから所定の時間が経過したタイミングを基準タイミングとしてもよい。送信タイミング制御部23は、基準タイミングと、遅延量設定部28によって設定された遅延量に基づいて、変調信号の送信タイミングを制御する。基準タイミングと遅延量とから、送信タイミングを決定する方法は、第1の実施形態と同様であるため、説明を省略する。

【0128】

図17は、以上のように構成された無線局14の動作を示すフローチャートである。まず、無線局14は、送信局13から送信されてきた信号を受信したか否かを判断する（ステップS601）。信号を受信した場合、復調部26は、RF部24から出力される信号を復調し、復調データとする（ステップS602）。データ保持部22は、復調部26によって復調されたデータを送信データとして保存する。

【0129】

UW検出部27は、復調データからUWを検出し、UW検出信号を生成して送信タイミング制御部23に渡す。送信タイミング制御部23は、UW検出信号を受け取ったタイミングを基準タイミングとし（ステップS603）、当該基準タイミングと遅延量に基づいて、送信開始タイミングを決定する（ステップS604）。

【0130】

そして、送信タイミング制御部23は、送信開始タイミングになると（ステップS605でYes）、変調部21に送信開始信号を渡す。送信データは、変調部21によって変調された後、RF部24およびアンテナ25を経由して受信局12に送信される（ステップS606）。

【0131】

図18は、無線局A1～D1が信号A1～D1を送信するタイミングを示す図である。まず、送信局13は、所定のタイミングTsに周辺の無線局A1～D1に信号を送信する。無線局A1～D1が送信局13からの信号を受信するタイミングは、

無線局A1 : Ts + a1 A

無線局B1 : Ts + a1 B

無線局C1 : Ts + a1 C

無線局D1 : Ts + a1 D

である。なお、a1 A～a1 Dは、送信局13と無線局A1～D1との間の伝搬時間である。

【0132】

ここで、伝搬時間a1 A～a1 Dは、無視できるほどに小さいか、または全て同じであ

るものとして説明する。また、伝搬時間 $a_{1A} \sim a_{1D}$ と、無線局 A₁～D₁において UW 検出信号が出力されるまでの時間とを合わせて α_1 とおく。したがって、無線局 A₁～D₁において、UW 検出信号が発生するタイミングは全て等しいタイミング ($T_s + \alpha_1$) となる。

【0133】

次に、無線局 A₁～D₁は、UW 検出信号が示す UW 検出タイミング ($T_s + \alpha_1$) を基準タイミング t_0 とする。そして、無線局 A₁～D₁は、基準タイミング t_0 に対して、遅延量 $t_{A \sim D}$ を信号に与えて送信する。例えは、無線局 A₁は、基準タイミング t_0 から t_A 時間後に信号を送信する。ここで、無線局 A₁～D₁の送信タイミングを 2 つに分散させるために、第 1 の実施形態と同様に、遅延量 $t_{A \sim D}$ は、遅延量の候補値 T₁ または T₂ から選択される。T₁ と T₂ は、 $T_{min} \leq T_2 - T_1 \leq T_{max}$ を満たすように設定される。

【0134】

ここでは、一例として、 $t_A = t_C = T_1$ 、 $t_B = t_D = T_2$ である場合について説明する。無線局 A₁～D₁は、タイミング ($T_1 + \alpha_1 + T_s$)、またはタイミング ($T_2 + \alpha_1 + T_s$) のいずれかのタイミングで信号を送信する。

【0135】

受信局 1₂は、無線局 A₁～D₁から送信されてくる信号 A₁～D₁を受信する。ここで、無線局 A₁～D₁と受信局 1₂との間の伝搬時間 $a_{2A} \sim a_{2D}$ は、無視できるほどに小さいか、すべて同じであるとし、これを α_2 とおく。したがって、受信局 1₂が信号 A₁～D₁を受信するタイミングは、タイミング ($T_1 + \alpha_2 + \alpha_1 + T_s$) とタイミング ($T_2 + \alpha_2 + \alpha_1 + T_s$) となる。また、この 2 つのタイミングは、($T_2 - T_1$) の時間差がある。これにより、バスダイバーシティによる効果を發揮することができる。したがって、伝送特性を改善することができる。

【0136】

以上のように、本実施形態によれば、送信局から送信された信号が、複数の無線局を経由して受信局へ送信される際に、無線局において所定の遅延量が与えられる。これにより、受信局が到来波を受信する受信タイミングの数を、最大有効ブランチ数に等しい数とすることができる。また、無線局は、UW を検出したタイミングを基準タイミングとする。これにより、予め基準タイミング信号を保持しておく必要がない。

【0137】

なお、本実施形態では、基準タイミング信号に UW 検出信号を用いたが、送信局から信号を受信したことを示す信号であればよく、さらには、フレームの受信を完了したタイミング信号を用いてもよい。例えは、送信データが正しく受信されたかを調べるための C R C (Cyclic Redundancy Check) 符号がフレームの最後尾に付加される場合は、この符号による判定出力信号を用いてもよい。これによれば、送信局からの信号が無線局で受信誤りと判定された場合は、受信局へ信号を送信しないようにすることができます。結果として、受信局は正しい送信データの信号のみを受信することができる。

【0138】

(第 4 の実施形態)

第 4 の実施形態に係る無線伝送システムは、送信局が同一の信号を 2 回送信する点で、第 3 の実施形態と相違する。

【0139】

図 19 は、本発明の第 4 の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図である。無線局 1₄ (無線局 A₁～D₁)、および受信局 1₂の構成は、第 3 の実施形態と同様であるため、図 14 と同一の符号を付し、説明を省略する。また、送信局 1₅ および無線局 1₄ が送信する信号のフレーム構成は、第 3 の実施形態と同様であるため、図 15 を援用する。また、無線局 1₄ および受信局 1₂の動作は、第 3 の実施形態と同様であるため、以下、送信局の動作を中心に説明する。

【0140】

送信局15は、保持している送信データを2回送信する。送信局15は、1回目に送信する信号を無線局14に送信し、2回目に送信する信号を受信局12に送信する。そして、送信局15は、2回目に送信する信号が、複数の無線局14が送信した信号のいずれかと、受信局12に到達するタイミングが等しくなるように、信号に所定の遅延量を与えて送信する。

【0141】

図20は、図19に示す送信局15の構成を示すブロック図である。図19において、送信局15は、再送信タイミング制御部151と、変調部152と、RF部153と、アンテナ154と、遅延量設定部155と、データ保持部156とを含む。

【0142】

変調部152、RF部153、アンテナ154およびデータ保持部156の構成は、図16に示す無線局14と同様であるため、説明を省略する。

【0143】

遅延量設定部155は、複数の遅延量の候補値から遅延量を選択し、再送信タイミング制御部151に渡す。また、遅延量の候補値は、T1およびT2の2種類であるものとして説明する。

【0144】

再送信タイミング制御部151は、いったん信号が送信された後、同一の信号を2回目に送信する際の再送信タイミングを制御する。再送信タイミング制御部151は、基準タイミング信号が示す基準タイミングと、遅延量設定部155から受け取った遅延量に基づいて、再送信開始タイミングを決定する。なお、これは、送信局15および無線局14間の伝搬時間が無視できる程度に小さい場合における、再送信開始タイミングの算出方法である。送信局15および無線局14間の伝搬時間が大きい場合、基準タイミングに、遅延量と伝搬時間とを加算したタイミングを再送信開始タイミングとすればよい。そして、再送信タイミング制御部151は、再送信開始タイミングになると、再送信開始信号を生成して変調部152に渡す。

【0145】

図21は、以上のように構成される送信局15の動作を示すフローチャートである。まず、送信局15は、データを変調して無線局14に送信する（ステップS701）。そして、送信局15において、再送信タイミング制御部151は、基準タイミングと遅延量設定部155とに基づいて再送信開始タイミングを決定する（ステップS702）。具体的には、再送信タイミング制御部151は、基準タイミングから、遅延量設定部155によって選択された遅延量だけ遅延させたタイミングを再送信開始タイミングとする。

【0146】

そして、再送信タイミング制御部151は、再送信開始タイミングになったか否かを判断し（ステップS703）、再送信開始タイミングになると、再送信開始信号を生成して変調部152に渡す。送信データは、変調部152によって変調された後、RF部153およびアンテナ154を経由して受信局12に送信される（ステップS704）。

【0147】

図22は、本実施形態において、送信局15および無線局A1～D1が送信する信号のタイミングを示す図である。図21は、図19に示す無線局A1～D1が送信する変調信号のタイミングに加え、送信局15が送信する信号のタイミングが示されている。

【0148】

まず、送信局15が、所定のタイミングTsに信号を送信すると、無線局A1～D1が送信局15からの信号を受信するタイミングは、

無線局A1 : Ts + a1A
無線局B1 : Ts + a1B
無線局C1 : Ts + a1C
無線局D1 : Ts + a1D

である。ここで、送信局15と無線局A1～D1との間の伝搬時間a1A～a1Dは、無視できるほどに小さいか、またはすべて同じであるものとして説明する。また、伝搬時間a1A～a1Dと、無線局A1～D1においてUW検出信号が出力されるまでの時間とを合わせて α_1 とおく。したがって、無線局A1～D1において、送信局15から送信されてきた信号を受信する受信タイミングは($T_s + \alpha_1$)と表される。そして、無線局A1～D1は、受信タイミング($T_s + \alpha_1$)を基準タイミングt0として、それぞれtA～tDの遅延量を信号に与えて送信する。

【0149】

無線局A1～D1が、 $t_A = t_C = T_1$ 、 $t_B = t_D = T_2$ の遅延量を信号A1～D1に与えた場合、無線局A1およびC1は、タイミング($T_1 + \alpha_1 + T_s$)で信号A1およびC1を送信する。一方、無線局B1およびD1は、タイミング($T_2 + \alpha_1 + T_s$)で信号B1およびD1を送信する。なお、無線局A1～D1と受信局12との間の伝搬時間a2A～a2Dは、無視できるほどに小さいか、または、すべて同じであるものとし、これを α_2 とおく。

【0150】

また、送信局15は、基準タイミングT_sに基づいて、遅延量t0を与えて信号を送信する。このとき、送信局15は、信号を再送信する。送信局15は、遅延量を与えて信号を送信する際、遅延量の候補値T1またはT2から選択した遅延量をt0とする。図21では、送信局15は、遅延量の候補値からT1を選択し、 $t_0 = T_1$ の遅延量を与えて信号を受信局12に送信している。

【0151】

受信局12は、無線局14および送信局15から送信されてきた信号を受信する。受信局12がこれらの5つの信号を受信するタイミングは、タイミング($T_1 + \alpha_2 + \alpha_1 + T_s$)とタイミング($T_2 + \alpha_2 + \alpha_1 + T_s$)の2つである。この2つのタイミングは、($T_2 - T_1$)の時間差がある。したがって、受信タイミングが最大有効ブランチ数と同じ2つになり、バスダイバーシチによる効果を発揮することができる。したがって、無線伝送システムにおける伝送特性を改善することができる。

【0152】

以上のように、本実施形態によれば、送信局が無線局に信号を送信した後、同一の信号に所定の遅延量を与えて受信局へ送信する。これにより、受信局が受信する信号の数が増加するため、信号の受信レベルを安定させることができる。また、送信局が2回目に送信する信号は、複数の無線局14が送信した信号のいずれかと、受信局12に到達するタイミングが等しくなる。したがって、受信タイミングの数を最大有効ブランチ数以下にして、バスダイバーシチによる効果を最大限に発揮することができる。

【0153】

なお、第3および第4の実施形態において、送信局が、遅延量の候補値T1またはT2のいずれを選択するかは、予め定められていたが、各無線局自身が遅延量の候補値からランダムに選択し、遅延量を決定してもよい。

【0154】

また、第3および第4の実施形態において、各無線局の基準タイミングt0は、各無線局11が送信局からの信号を受信したタイミングとしていた。ここで、各無線局が用いる基準タイミングt0は、GPS信号に含まれる時間情報や、電波時計から得られる時間タイミングを、送信局と各無線局とが共有することとしてもよい。

【0155】

(第5の実施形態)

第5の実施形態に係る無線伝送システムは、送信局と無線局とが、有線伝送路を介して接続されている点で、第4の実施形態と相違する。

【0156】

図23は、本発明の第5の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図である。図23に示す無線伝送システムは、図19に示す第4の実施形態に係る無線伝送システムと

比較すると、送信局15と無線局A1～D1とが有線伝送路を介して接続されている点で相違する。それ以外の構成は第3の実施形態と同様であるため、図19と同様の符号を付し、詳細な説明を省略する。また、送信局15および無線局14が送信する信号も第3の実施形態と同様であるため、図15を援用する。

【0157】

また、送信局15および無線局14が送信する信号のタイミングについても、第4の実施形態と同様であるため、図22を援用する。

【0158】

以上のように、本実施形態によれば、送信局および無線局が有線伝送路を介して接続されている場合であっても、受信局において、最大限のバスダイバーシチの効果を得ることができる。

【0159】

(第6の実施形態)

第6の実施形態に係る無線伝送システムは、第3の実施形態と比較すると、送信局と無線局とが有線伝送路を介して接続されており、無線局の代わりに送信局が信号の遅延量を制御する点で相違する。

【0160】

図24は、本発明の第6の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図である。図24において、無線伝送システムは、送信局16と、複数の無線局17と、受信局12とを備える。送信局16と無線局17とは、有線伝送路を介して接続され、無線局17と受信局12とは、無線を介して接続される。本実施形態において、無線伝送システムが備える無線局17は4つである。この4つの無線局17を区別するために、それぞれ無線局A2～D2と呼ぶ。また、4つの無線局A2～D2を特に区別する必要がない場合、無線局17と総称する。また、受信局12の構成は、第1の実施形態に係る受信局の構成と同様であるため、説明を省略する。

【0161】

送信局16は、無線局17が送信する信号に与えるべき遅延量を指示する。無線局17は、送信局16から指示された遅延量を信号に与えて送信する。

【0162】

図25は、送信局16の構成を示すブロック図である。図25において、送信局16は、遅延量決定部161と、4つの遅延量挿入部162A～162Dとを含む。なお、変調部やRF部、アンテナ部の図示は省略している。

【0163】

遅延量決定部161は、無線局A2～D2に送信する信号に与えるべき遅延量tA～tDを複数の候補値（例えばT1またはT2）から選択して決定する。候補値の数は、無線伝送システムが許容する最大有効プランチ数に等しい。遅延量決定部161は、決定した遅延量tA～tDを、それぞれ遅延量挿入部162A～162Dに渡す。なお、遅延量決定部161が、いずれの遅延量を選択するかは、予め定められていてよく、また、ランダムに選択してもよい。望ましくは、各無線局が送信局に接続されているため、送信局が、各無線局に割り当てる遅延量が均等に分散するように決定するとよい。

【0164】

遅延量挿入部162A～162Dは、図15に示すフレーム化された送信データの後部に、決定された遅延量tA～tDを示す遅延量を付加する。このように、送信局16は、遅延量を信号に付加することによって、無線局17が送信する信号に与えるべき遅延量を通知する。

【0165】

図26は、無線局17の構成を示すブロック図である。図26に示す無線局17は、図16に示す第3の実施形態に係る無線局14の構成において、遅延量設定部28の代わりに遅延量抽出部29が含まれた構成となっている。図16と同様の構成要素には同一の符号を付し、説明を省略する。

【0166】

遅延量抽出部29は、復調されたデータから、遅延量を抽出して、送信タイミング制御部23に渡すとともに、抽出後の遅延量を含まない送信データをデータ保持部22に渡す。送信タイミング制御部23は、基準タイミングに、遅延量を加算して送信タイミングを決定する。また、このときの送信局16および無線局17が送信する信号のタイミングは、第3の実施形態と同様であるため、図18を援用する。

【0167】

図27は、以上のように構成される送信局16および無線局17の動作を示すフローチャートである。まず、送信局16において、遅延量決定部161は、無線局A2～D2に送信する信号に与えるべき遅延量tA～tDを複数の候補値から選択して決定する（ステップS801）。遅延量決定部161は、決定した遅延量tA～tDを、それぞれ遅延量挿入部162A～162Dに渡す。

【0168】

次に、送信局16は、送信すべきデータに遅延量を付加して送信する（ステップS802）。遅延量挿入部162A～162Dは、フレーム化された送信データの後部に、決定された遅延量tA～tDを表す値を付加し、図示しない変調部に渡す。変調部によって変調された信号は、RF部およびアンテナを介して無線局A2～D2に送信される。

【0169】

無線局17は、送信局16から送信されてきた信号を受信したか否かを判断する（ステップS803）。信号を受信した場合、復調部26は、RF部24から出力される信号を復調し、復調データとする。

【0170】

送信タイミング制御部23は、復調データから遅延量を抽出する（ステップS804）。そして、送信タイミング制御部23は、基準タイミングに、遅延量を加算して送信タイミングを決定する（ステップS805）。

【0171】

そして、送信タイミング制御部23は、送信開始タイミングになると（ステップS806でYes）、変調部21に送信開始信号を渡す。送信データは、変調部21によって変調された後、RF部24およびアンテナ25を経由して受信局12に送信される（ステップS807）。

【0172】

以上のように、本実施形態によれば、送信局が、無線局が送信する信号のタイミングを制御することができる。

【0173】

（第6の実施形態の変形例）

第6の実施形態において、送信局は、無線局が信号に与えるべき遅延量を通知していた。これに対し、本変形例では、送信局は、各無線局に送信する信号に所定の遅延量を与えて送信する。第6の実施形態に係る送信局16と区別するために、本変形例に係る送信局を送信局18と呼ぶ。また、第6の実施形態に係る無線局17と区別するために、本変形例に係る無線局を無線局19と呼ぶ。

【0174】

送信局18の構成は、第1の実施形態に係る無線局11の構成と同様であるため、図1を援用する。送信局18において、各無線局に与えるべき遅延量は予め定められている。送信タイミング制御部23は、各無線局に送信する信号に与える遅延量と、基準タイミングとに基づいて、送信開始タイミングを決定する。そして、送信開始タイミングになると、送信開始信号が出力され、信号の送信が開始される。また、送信局18の動作は、信号を複数の無線局に送信する点以外は、第1の実施形態に係る無線局の動作と同様であるため、図2を援用して説明を省略する。

【0175】

無線局19の構成は、送信局18から送信されてきた信号を受信局12に送信すること

ができる構成であればよい。例えば、無線局19は、アンテナ、RF部、変調部および復調部を含んでいればよい。

【0176】

図28は、第6の実施形態の变形例に係る無線局19が送信する信号のタイミングを示す図である。以下、4つの無線局19を区別する必要がある場合、各無線局19を無線局A2～D2と呼ぶこととする。

【0177】

送信局18が、無線局A2およびC2に送信する信号に与える遅延量 t_A および t_C は、T1である。一方、送信局18が、無線局B2およびD2に送信する信号に与える遅延量 t_B および t_D は、T2である。送信局18は、所定のタイミングに対して、遅延量T1またはT2を与えて各無線局に信号を送信する。

【0178】

ここで、送信局と各無線局A2～D2間の伝搬時間 $a_{1A} \sim a_{1D}$ は無視できるほどに小さいか、すべて同じであるとし、これを α_1 とおく。したがって、無線局A2およびC2が送信局18からの信号を受信するタイミングは $(T_1 + \alpha_1)$ である。また、無線局B2およびD2が送信局18からの信号を受信するタイミングは $(T_2 + \alpha_1)$ である。

【0179】

また、無線局A2～D2と受信局12との間の伝搬時間差は、無視できるほどに小さいか、全て同じであるものとし、無線局A2～D2および受信局12間の伝搬時間 $a_{2A} \sim a_{2D}$ をすべて α_2 とおく。したがって、受信局12は、タイミング $(T_1 + \alpha_1 + \alpha_2)$ 、またはタイミング $(T_2 + \alpha_1 + \alpha_2)$ のいずれかのタイミングで信号A2～D2を受信することとなる。この2つのタイミングは、 $(T_2 - T_1)$ の時間差がある。これにより、バスダイバーシチによる効果を発揮することができる。

【0180】

以上のように、本变形例によれば、送信局は、複数の無線局に送信する信号に所定の遅延量を与えて送信する。これにより、無線局は、送信する信号に遅延量を与える必要はないため、無線局の構成を簡易なものとすることができる。

【0181】

なお、本実施形態では、送信局は、送信信号ごとに選択した遅延量を与えて送信していた。ここで、送信局と各無線局とを接続する有線伝送路の長さを調整することによって、各無線局が信号を受信するタイミングを制御することとしてもよい。

【0182】

なお、第1～第6の実施形態では、無線伝送システムが備える無線局の数は4つであるものとして説明したが、無線局の数は2つまたは3つであってもよく、また、5つ以上であってもかまわない。

【0183】

以上、第1～第6の実施形態では、複数の無線局と受信局との間の距離は、無視できる程度に小さいか、または全て同じである場合について説明した。以下の実施形態では、複数の無線局と受信局との距離の差が、無視できないほど大きい場合について説明する。

【0184】

(第7の実施形態)

図29は、本発明の第7の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図である。本実施形態において、送信局18、無線局19および受信局12の構成は、第6の実施形態の变形例と同様であるため、説明を省略する。また、4つの無線局19を区別する必要がある場合、無線局19を無線局A2～D2と呼ぶ。

【0185】

送信局18は、無線局A2～D2に送信すべき信号A2～D2に、それぞれ遅延量 t_A ～ t_D を与えて送信する。ここで、送信局と無線局A2～D2とを接続する有線伝送路の長さはほぼ等しいものと仮定する。したがって、送信局18から無線局A2～D2までの信号A2～D2の伝搬時間 $a_{1A} \sim a_{1D}$ は、すべて同じであるものとし、これを α_1 と

おく。

【0186】

1つの無線局は1つの通信エリアを形成しており、複数の無線局A₂～D₂を、複数の通信エリアが連続するように、一列に配列する。複数の無線局A₂～D₂は、例えば、直線状に配置されていてもよい。また、複数の無線局A₂～D₂が形成する通信エリアにおいて、重複しているエリアを複合エリアと呼ぶ。また、無線局A₂、無線局B₂および無線局C₂の通信エリアが重複するエリアを複合エリアAと呼ぶ。また、無線局B₂、無線局C₂および無線局D₂の通信エリアが重複するエリアを複合エリアBと呼ぶ。以下、無線局A₂～D₂が送信する信号を区別する必要がある場合、それぞれ信号A～Dと呼ぶ。

【0187】

受信局1₂が複合エリアA内に位置する場合、受信局1₂は、信号A、信号Bおよび信号Cを受信する。一方、受信局1₂が複合エリアB内に位置する場合、信号B、信号Cおよび信号Dを受信する。このように、複合エリアA、複合エリアBでは、3つの無線局1₉からの信号が到来する。なお、本実施形態では、複合エリアは、3つの無線局によって形成されるものとして説明するが、複合エリアは、4つ以上の無線局によって形成されてもよい。

【0188】

図30は、2つの無線局A₂およびB₂と、受信局1₂との位置関係を示す概略図である。ここで、受信局1₂のアンテナの高さをH_rとし、無線局A₂およびB₂のアンテナの高さをH_tとする。また、無線局A₂と無線局B₂との距離をLとし、受信局1₂と無線局A₂との距離をxとする。

【0189】

無線局A₂と受信局1₂との行路長（伝搬距離）をz_Aとし、無線局B₂と受信局1₂との行路長をz_Bとすると、

【数1】

$$z_A = \sqrt{x^2 + (H_t - H_r)^2}$$

【数2】

$$z_B = \sqrt{(x + L)^2 + (H_t - H_r)^2}$$

と表され、z_Bおよびz_Aの行路長差△zは、

【数3】

$$\begin{aligned} \Delta z &= z_B - z_A \\ &= \sqrt{(x + L)^2 + (H_t - H_r)^2} - \sqrt{x^2 + (H_t - H_r)^2} \end{aligned}$$

となる。

【0190】

ここで、道路上を走行する車両が路側に設置された無線機と無線通信することを想定して、L=60m、H_t=10m、H_r=1mと仮定する。

【0191】

図31は、行路長差△zと、受信局1₂および無線局の距離xとの関係を示す図である。図31において、縦軸は、行路長差△zを示し、横軸は、受信局1₂および無線局1₉の距離xと示す。

【0192】

図31に示すように、無線局A₂と受信局1₂との距離が数m以上程度離れていれば、行路長差△zを、無線局A₂およびB₂のアンテナ間距離に近似することができる。よって、受信局1₂の位置によらず、行路長差△zは、アンテナ間隔Lにはほぼ等しく、

$$\Delta z = z_B - z_A \doteq L$$

とおける。したがって、送信局A 2からの伝搬時間 p_A と送信局B 2からの伝搬時間 p_B について、その差 Δp は、距離 L に相当する伝搬時間を P として、

$$\Delta p = p_B - p_A \doteq P \quad \dots \quad (1)$$

とおける。

【0193】

そして、無線局A 2にはタイミング t_A で、無線局B 2にはタイミング t_B で、無線局C 2にはタイミング t_C で、無線局D 2にはタイミング t_D で送信する。ここで、 t_A と t_B の時間差を $t_{AB} = t_B - t_A$ とおく。他の遅延量についても同様に、この表記に従う。

【0194】

次に、遅延量 t_A 、 t_C の設定方法と受信局1 2が複合エリアA（無線局A 2が最前）に位置する場合の受信タイミングについて説明する。

【0195】

図32は、受信局1 2が複合エリアA内に位置する場合における信号のタイミングを示す図である。受信局1 2は、常に手前から3局目までの無線局からの電波を受信する。ここで、3つの伝搬時間を区別するために、手前の無線局からそれぞれ、 p_{AA} 、 p_{BA} 、 p_{CA} とする。これらは、式(1)の近似より、複合エリアA内における受信局1 2の位置に関わらず、

$$p_{BA} - p_{AA} = P (> 0), \quad p_{CA} - p_{AA} = 2P \text{ とおける。なお、}$$

【0196】

各無線局A 2～C 2からの信号が受信局1 2で受信されるタイミングは、

$$\text{無線局A 2からの信号A 2: } t_A + \alpha + p_{AA}$$

$$\text{無線局B 2からの信号B 2: } t_B + \alpha + p_{BA}$$

$$\text{無線局C 2からの信号C 2: } t_C + \alpha + p_{CA}$$

となり、各信号間の到来時間差は、

$$\begin{aligned} \text{信号A 2と信号B 2との到来時間差 } \tau_{AB} &= (t_B - t_A) + (p_{BA} - p_{AA}) \\ &= t_{AB} + P \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{信号A 2と信号C 2との到来時間差 } \tau_{AC} &= (t_C - t_A) + (p_{CA} - p_{AA}) \\ &= t_{AC} + 2P \end{aligned}$$

となる。ここで、 $t_{AC} = -2P (= t_C - t_A < 0)$ となるように、遅延量 t_C を設定すれば、 $\tau_{AC} = 0$ となる。したがって、受信局1 2は、信号A 2と信号C 2と同じタイミングで受信する。ここで、 t_{AC} が負であるということは、 t_C の方が t_A より早いタイミングであることを意味している。そして、受信局1 2は、信号A およびCの受信タイミングから $(t_{AB} + P)$ 経過後に信号Bを受信する。つまり、受信局1 2は、3つの無線局から送信された信号を、2つのタイミングで受信することとなる。

【0197】

同様に、遅延量 t_B 、 t_D の設定方法と受信局1 2が複合エリアB（無線局1 1.Bが最前）に位置する場合の受信タイミングについて説明する。

【0198】

図33は、受信局1 2が複合エリアB内に位置する場合における無線伝送システムの構成を示す図であり、図34は、受信局1 2が複合エリアB内に位置する場合における信号のタイミングを示す図である。

【0199】

受信局1 2は、常に手前から3局目までの無線局B 2～D 2からの信号を受信可能で、手前からの無線局B 2～D 2の伝搬時間を、手前からそれぞれ、 p_{BB} 、 p_{CB} 、 p_{DB} とする。これらは、式(1)の近似より、複合エリアBでの受信局1 2の位置に関わらず

$$p_{CB} - p_{BB} = P (> 0), \quad p_{DB} - p_{BB} = 2P \text{ とおける。}$$

【0200】

各無線局11からの到来波信号が受信端に到着する時間は、

無線局11Bからの信号A: $t_B + \alpha + p_{BB}$

無線局11Cからの信号B: $t_C + \alpha + p_{CB}$

無線局11Dからの信号C: $t_D + \alpha + p_{DB}$

となり、各信号の到来時間差は、

$$\begin{aligned} \text{信号B}_2 \text{と信号C}_2 \text{との到来時間差: } \tau_{BC} &= (t_C - t_B) + (p_{CB} - p_{BB}) \\ &= (t_{AC} + t_A) - (t_{AB} + t_A) + P \\ &= -2P - t_{AB} + P \\ &= -(t_{AB} + P) \quad (< 0) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{信号D}_2 \text{と信号B}_2 \text{との到来時間差: } \tau_{BD} &= (t_D - t_B) + (p_{DB} - p_{BB}) \\ &= t_{BD} + 2P \end{aligned}$$

となる。ここで、 $t_{BD} = -2P (= t_D - t_B < 0)$ となるように、遅延量 t_B 、 t_D を設定すれば、 $\tau_{BD} = 0$ となる。よって、受信局12は、信号Bと信号Dと同じタイミングで受信する。

【0201】

したがって、受信局12は、はじめに信号Cを受信し、その後、 $(t_{AB} + P)$ 経過後に信号Bおよび信号Dと同じタイミングで受信する。つまり、受信局12は、3つの無線局から送信された信号を、2つのタイミングで受信することとなる。

【0202】

以上のように、複合エリアA、複合エリアBにおいては、受信端では常に手前から3つの無線局19からの信号が2つのタイミングで受信されることになる。そして、その2つのタイミングは、次隣接の無線局、本実施形態では無線局A2およびC2、無線局B2およびD2の組み合わせである。このように、受信局12がどの複合エリアに位置する場合であっても、隣接の無線局から送信される信号を異なるタイミングで受信することができる。

【0203】

なお、 t_A および t_B が $T_{min} \leq (t_B - t_A + P) \leq T_{max}$ を満たすように設定すれば、受信局12がバスダイバーシチを効果的に発揮する到来時間差なので、伝送特性が改善される。

【0204】

以上のように、本実施形態によれば、複数の無線局と受信局との伝搬時間差が無視できないほどに大きい場合であっても、受信局が受信する信号のタイミングの数が、バスダイバーシチによる効果に寄与する有効ブランチ数（ここでは2つ）になるように、送信局が各無線局に送信する信号に与える遅延量を調整する。これにより、受信局において、バスダイバーシチによる効果を最大限に得ることができる。また、受信局から遠い無線局からの信号が受信局に対して干渉を生じさせず、バスダイバーシチによる効果に寄与させることができる。

【0205】

また、図33において、複合エリアAおよびBに隣接するエリアでは、信号B2と信号C2が受信される。信号間の到来時間差は $\tau_{BC} = -(t_{AB} + P) = -(t_B - t_A + P)$ であるので、バスダイバーシチによる効果を得ることができる。

【0206】

なお、本実施形態では、2つの複合エリアを構成する4つの無線局を例に説明したが、さらにエリア数を増やすために同様な遅延量の設定で、設置する無線局の数をさらに増やし、エリアを拡張することもできる。

【0207】

（第8の実施形態）

第8の実施形態は、第7の実施形態で示した連続的な線状連続エリアを横方向に配列することで、面状エリアを構成し、各複合エリアで2つのタイミングで信号を受信することを特徴とする。

【0208】

図35は、本発明の第8の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図である。本実施形態において、送信局18、無線局19および受信局12の構成は、第7の実施形態と同様であるため、説明を省略する。

【0209】

本実施形態において、無線伝送システムは、8つの無線局19を備える。本実施形態では、4つの無線局19が、無線局A2～D2の順に一列に並んだ4つの無線局を一組として、二組が面状の通信エリアを構成するように配置されている。なお、この8つの無線局を区別する必要がある場合、一方の組に含まれる無線局19を無線局A2～D2と呼び、他方の組に含まれる無線局19を無線局B3～E3と呼ぶ。

【0210】

また、無線局A2～C2が形成する複合エリアを複合エリアA1、無線局B2～D2が形成する複合エリアを複合エリアB1と呼ぶ。また、無線局B3～D3が形成する複合エリアを複合エリアA2、無線局C3～E3が形成する複合エリアを複合エリアB2と呼ぶ。

【0211】

受信局12が複合エリアA1内に位置する場合、無線局A2およびC2が送信する信号A2およびC2を同じタイミングで受信する。また、受信局12が複合エリアB1内に位置する場合、無線局B2およびD2とが送信する信号B2およびD2を同じタイミングで受信する。図35に示すように、受信局12は、常に手前から3つの無線局が送信する信号を受信する。

【0212】

次に、受信局12が複合エリアB2（無線局B3が最前）内に位置する場合の受信タイミングについて説明する。

【0213】

第7の実施形態と同様に、複合エリアB1を形成する無線局のうち、受信局からの伝搬時間が小さい順にpBB、pCB、pDBとする。複合エリア内における受信局12の位置に関わらず、図30の近似により、

$pCB - pBB = P (> 0)$ 、 $pDB - pBB = 2P$ 、 $pDC - pCC = P$ 、 $pEC - pCC = P$ とおける。また、tA、tB、tC、tDについても、第7の実施形態と同様に、

$$tAC = -2P (= tC - tA < 0)$$

$$tBD = -2P (= tD - tB < 0)$$

の関係になるように設定されている。

【0214】

そして、無線局B3は無線局B2と同じ遅延量tBで、無線局C3は無線局C2と同じ遅延量tCで、無線局D3は無線局D2と同じ遅延量tDで、無線局E3は遅延量tEで信号を送信する。各無線局B3～D3からの信号が受信局12で受信されるタイミングは、

無線局B3からの信号B3 : $tB + \alpha + pBB$

無線局C3からの信号C3 : $tC + \alpha + pCB$

無線局D3からの信号D3 : $tD + \alpha + pDB$

となり、各信号間の到来時間差は、

$$\begin{aligned} \text{信号B3と信号C3との到来時間差 } \tau_{BC2} &= (tC - tB) + (pCB - pBB) \\ &= \tau_{BC} \end{aligned}$$

$$= -(tAB + P) \quad (< 0)$$

$$\begin{aligned} \text{信号B3と信号D3との到来時間差 } \tau_{BD2} &= (tD - tB) + (pDB - pBB) \\ &= \tau_{BD} \\ &= 0 \end{aligned}$$

となる。受信局12は、先に信号C3を受信し、その後、(tAB + P)経過後に信号B

3および信号D3と同じタイミングで受信する。つまり、受信局12は、3つの無線局から送信された信号を、2つのタイミングで受信することとなる。

【0215】

次に、遅延量tEの設定方法と、受信局12が複合エリアC2（無線局C3が最前）内に位置する場合の受信タイミングとについて説明する。図34は、受信局12が複合エリアC2内に位置する場合における信号のタイミングを示す図である。各無線局C3～E3からの信号が受信局12で受信される時間は、

$$\text{無線局C3からの信号C3: } t_C + \alpha + p_{CC}$$

$$\text{無線局D3からの信号D3: } t_D + \alpha + p_{DC}$$

$$\text{無線局E3からの信号E3: } t_E + \alpha + p_{EC}$$

となり、各信号の到来時間差は、

信号C3と信号D3との到来時間差：

$$\begin{aligned}\tau_{CD} &= (t_D - t_C) + (p_{DC} - p_{CC}) \\ &= (t_B D + t_B) - (t_B C + t_B) + P \\ &= -2P - t_{BC} + P \\ &= -(t_{BC} + P) \quad (>0) \\ &= -(t_C - t_B + P) \quad (>0) \\ &= -((t_A C + t_A) - (t_A B + t_A) + P) \\ &= -(-2P - t_{AB} + P) \\ &= t_{AB} + P \quad (>0)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{信号C3と信号E3との到来時間差: } \tau_{CE} &= (t_E - t_C) + (p_{EC} - p_{CC}) \\ &= t_{CE} + 2P\end{aligned}$$

である。

【0216】

ここで、 $t_{CE} = -2P$ となるように、遅延量tEを設定すれば、 $\tau_{CE} = 0$ となる。よって、受信局12は、信号C3およびE3と同じタイミングで受信する。

【0217】

したがって、受信局12は、はじめに信号C3およびE3を受信し、その後、($t_{AB} + P$)経過後に信号D2を受信する。つまり、受信局12は、3つの無線局から送信された信号を、2つのタイミングで受信することとなる。

【0218】

以上のように、複合エリアB2およびC2に位置する受信局は、常に3つの無線局からの信号を2つのタイミングで受信することとなる。具体的には、無線局B3およびD3から受信する信号のタイミングが同じであり、無線局C3およびE3から受信する信号のタイミングが同じであるように構成される。よって、どのエリアに受信局12が位置する場合であっても、隣接の無線局から送信される信号を異なるタイミングで受信することができる。

【0219】

したがって、 t_A および t_B が $T_{min} \leq (t_B - t_A) + P \leq T_{max}$ を満たすよう設定すれば、受信局12がバスダイバーシチを効果的に発揮する時間差なので、伝送特性が改善される。

【0220】

さらに、複合エリアB1と複合エリアB2は同じ送信タイミングなので、受信局が信号を受信するタイミングの関係は、複合エリアA1と複合エリアB1との関係と、複合エリアA1と複合エリアB2との関係とが同じになる。

【0221】

このように、本実施形態によれば、一列に配置した無線局の組を面状に配置することによって、バスダイバーシチによる効果を発揮しつつ、より広い通信エリアをカバーすることができる。また、受信局から遠い無線局からの信号が受信局に対して干渉を生じさせず、バスダイバーシチによる効果に寄与させることができる。

【0222】

また、本実施形態では、4つの複合エリアを構成する8つの無線局を例に説明したが、さらにエリア数を増やすために、遅延量について同様な方法で設定して、連続的に無線局を増やすこともできる。

【0223】

図36は、複数の無線局によって形成された複合エリアの配置の一例を示す図である。図36に示すように、第7の実施形態に係る無線伝送システムは、複合エリアA1～E1のように、複数の複合エリアが線状に連続した構成となっている。図36では、この線状に配置した複数の複合エリアの組を組み合わせている。複合エリアA1～E1の組に対して、複合エリアB2～F2が隣接し、複合エリアB2～F2には複合エリアC3～G3が隣接するように配置されている。また、1つの複合エリアが3つの無線局の通信エリアが重なって形成される場合、A1やC1の白色の複合エリアでは、両端の無線局が送信する信号が、第1到来波となる。一方、B1やD1のグレーの複合エリアでは、両端の無線局が送信する信号が、第2到来波となる。このように、複合エリアを組み合わせることによって、バスダイバーシチによる効果を発揮しつつ、より広い通信エリアをカバーすることができる。

【0224】

なお、第7および第8の実施形態では、各無線局が等間隔に配列されており、隣接する無線局間での伝搬時間差はすべて等しくPとするものとして説明したが、各伝搬時間に差がある場合でも、送信局が送信タイミングを調整することによってどのエリアに受信局12があっても、2つのタイミングで信号を受信することができる。また、第7および第8の実施形態において、受信局は、3つの無線局からの信号を受信するものとして説明したが、受信局は、4つ以上の無線局からの信号を受信することとして、2つの受信タイミングに集約されるように遅延量を設定してもよい。

【0225】

さらに、第7および第8の実施形態において、遅延量tA、tB、tC、tDを信号に与える代わりに、送信局と各無線局とを接続する有線伝送路の長さを調整することによって、各無線局へ送信する信号に与える遅延量を変えてよい。この場合、各無線局で信号に遅延を与える必要がなくなる。

【0226】

また、第7および第8の実施形態では、送信局が遅延量を与えた信号を無線局に送信していた。ここで、第6の実施形態と同様に、無線局が送信する信号に与えるべき遅延量を送信局が無線局に通知することとしてもよい。この場合、送信局は、無線局に対して同一のタイミングで信号を送信する。そして、無線局は、送信局にから通知された遅延量を信号に与えて受信局へ送信する。

【0227】

また、第5～第8の実施形態において、送信局と無線局とは、有線伝送路を介して接続されているものとして説明したが、送信局と無線局とが、無線を介して接続されていてよい。

【0228】

また、第1～第8の実施形態で具体例を挙げて説明した変復調方式以外の方式を用いて通信してもよい。変復調方式は、変調方式と復調方式とを組み合わせて耐マルチバス性を発揮できるものであればよい。

【0229】

本発明にかかる無線伝送システムは、無線局が中継送信時に同時送信する複局同時送信システムにおいて、特に、複数の無線局が近接してバスダイバーシチ効果が得られないほどに伝搬距離が短くなることが想定される、家庭内で電化製品を無線接続するシステムや、通信エリアが局所的に限られて送受信間の伝搬時間を設計段階で意図的に調整できる狭域通信システム・路車間通信システムなどに利用できる。

【産業上の利用可能性】

【0230】

本発明は、バスダイバーシチによる効果に寄与する最大有効ブランチの数が少数に限られる場合であっても、最大限のバスダイバーシチ効果を得ることができる無線伝送システムおよび無線伝送方法、ならびにそれらに用いられる無線局および送信局等として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0231】

- 【図1】本発明の第1の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図
- 【図2】図1に示す無線局11の構成を示すブロック図
- 【図3】PSK-VP方式を用いる場合における変調部21の構成を示すブロック図
- 【図4】図1に示す受信局12の構成を示すブロック図
- 【図5】PSK-VP方式を用いる場合における復調部33の構成を示すブロック図
- 【図6】無線局11の動作を示すフローチャート
- 【図7】無線局A～Dが信号を送信するタイミングを示す図
- 【図8】OFDM方式を用いて通信する場合における変調部21aの構成を示すブロック図
- 【図9】図8に示す変調部21aの主要部において生成される信号および送信開始信号のタイミングを示す図
- 【図10】OFDM方式を用いて通信する場合における復調部33aの構成を示すブロック図
- 【図11】シングルキャリア方式を用いて通信する場合における復調部303bの構成を示すブロック図
- 【図12】本発明の第2の実施形態に係る変調部21cの構成を示すブロック図
- 【図13】本発明の第2の実施形態に係る復調部33cの構成を示すブロック図
- 【図14】本発明の第3の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図
- 【図15】送信局13および無線局14が送信する信号に用いられるフレームの構成を示す図
- 【図16】図14に示す無線局14の構成を示すブロック図
- 【図17】無線局14の動作を示すフローチャート
- 【図18】無線局A1～D1が信号A1～D1を送信するタイミングを示す図
- 【図19】本発明の第4の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図
- 【図20】図18に示す送信局15の構成を示すブロック図
- 【図21】送信局15の動作を示すフローチャート
- 【図22】第4の実施形態に係る送信局15および無線局A1～D1が送信する信号のタイミングを示す図
- 【図23】本発明の第5の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図
- 【図24】本発明の第6の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図
- 【図25】送信局16の構成を示すブロック図
- 【図26】無線局17の構成を示すブロック図
- 【図27】送信局16および無線局17の動作を示すフローチャート
- 【図28】第6の実施形態の変形例に係る無線局19が送信する信号のタイミングを示す図
- 【図29】本発明の第7の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図
- 【図30】2つの無線局A2およびB2と、受信局12との位置関係を示す概略図
- 【図31】行路長差 Δz と、受信局12および無線局の距離xとの関係を示す図
- 【図32】図29に示す受信局12が複合エリアA内に位置する場合における信号のタイミングを示す図
- 【図33】図29に示す受信局12が複合エリアB内に位置する場合における無線伝送システムの構成を示す図
- 【図34】図29に示す受信局12が複合エリアB内に位置する場合における信号の

タイミングを示す図

【図35】本発明の第8の実施形態に係る無線伝送システムの構成を示す図

【図36】複数の無線局によって形成された複合エリアの配置の一例を示す図

【図37】特許文献1に記載された無線通信システムのブロック図

【図38】QPSK-VP方式を用いた場合における2波の到来時間差に対するピット誤り率特性を示す図

【図39】QPSK-VP方式における2遅延波と3遅延波の場合のピット誤り率特性を示す図

【図40】図39における2遅延波と3遅延波の時間関係を示す図

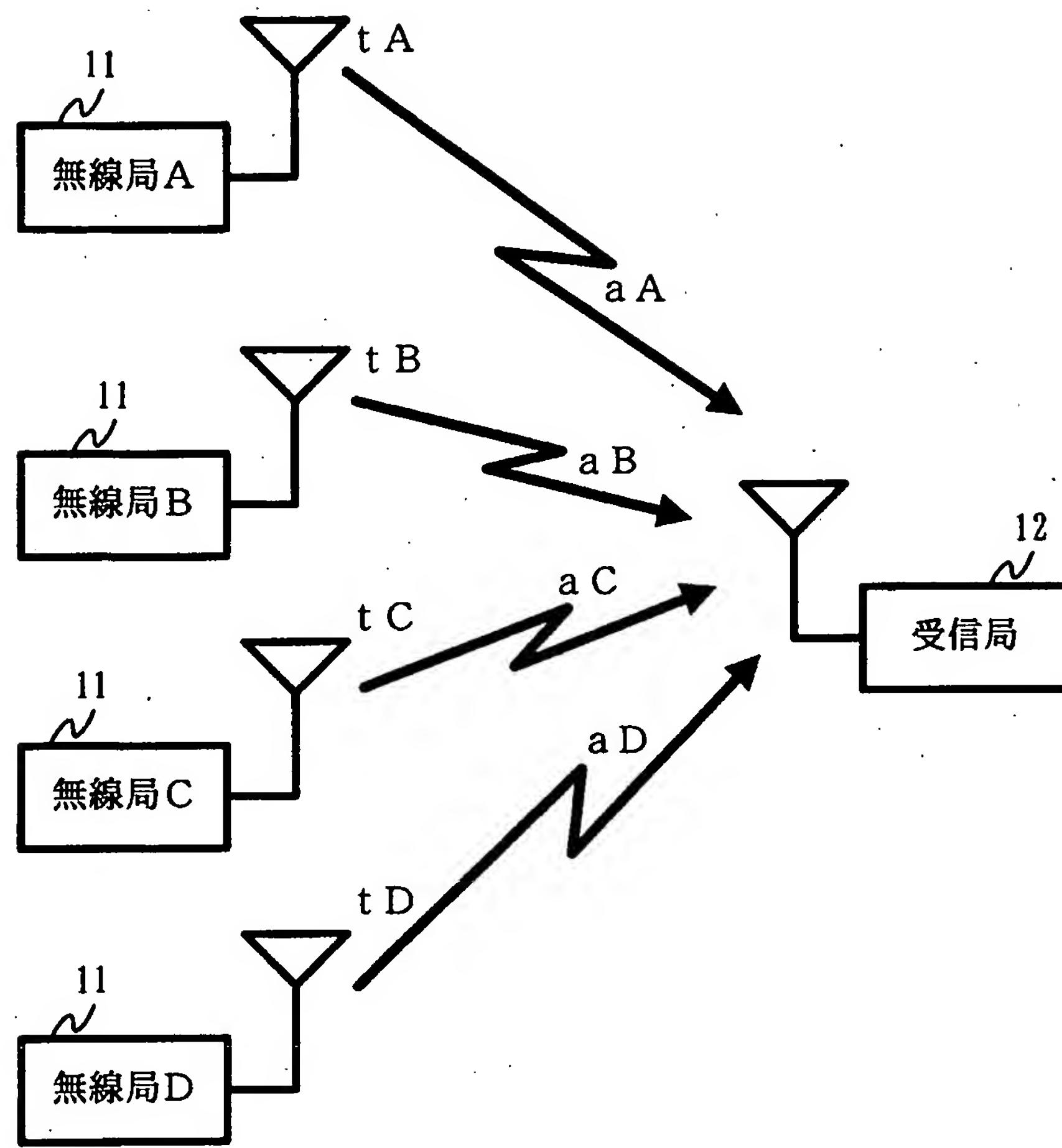
【符号の説明】

【0232】

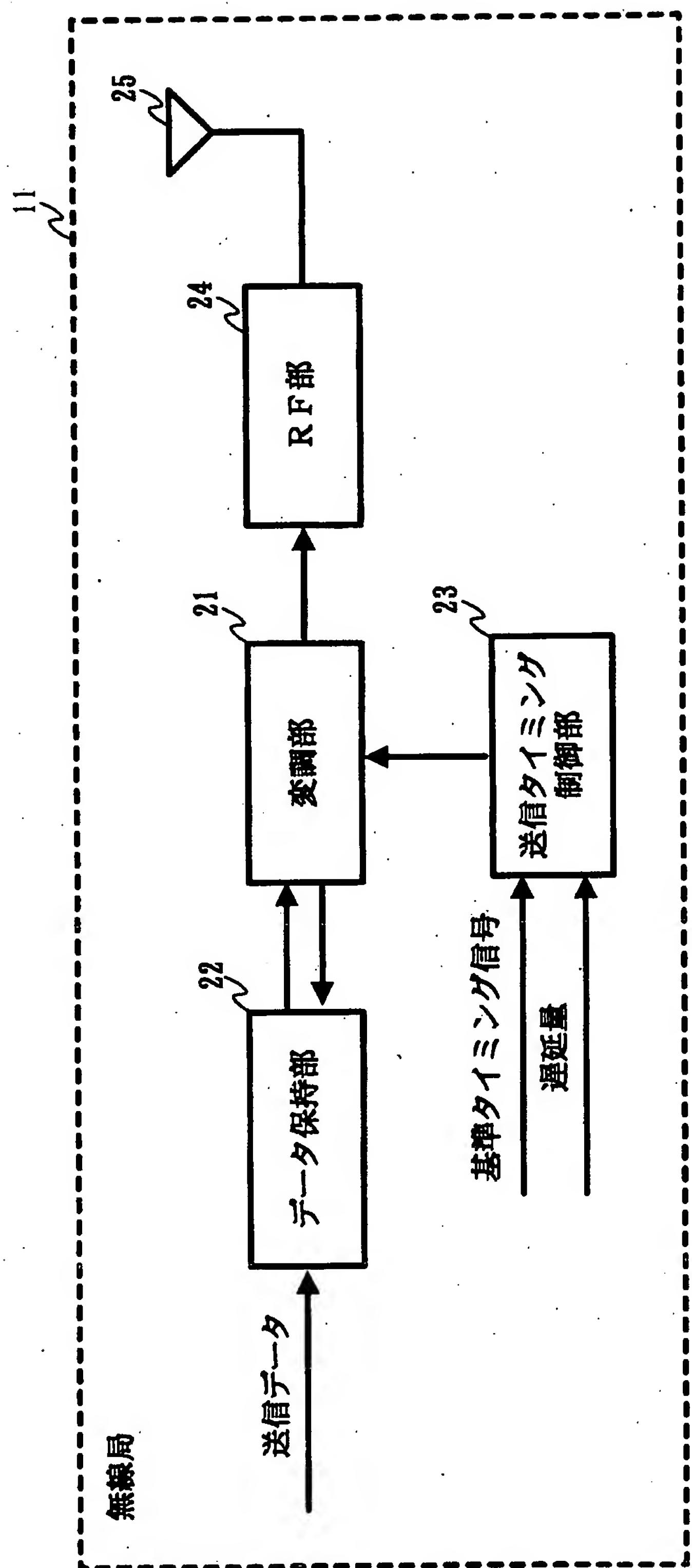
- 11、14、17、19 無線局
- 12 受信局
- 13、15、16、18 送信局
- 21、152 変調部
- 22 データ保持部
- 23 送信タイミング制御部
- 24、32、153 RF部
- 25 アンテナ
- 27 UW検出部
- 28、155 遅延量設定部
- 29 遅延量抽出部
- 33 復調部
- 151 再送信タイミング制御部
- 161 遅延量決定部
- 162 遅延量挿入部

【書類名】図面

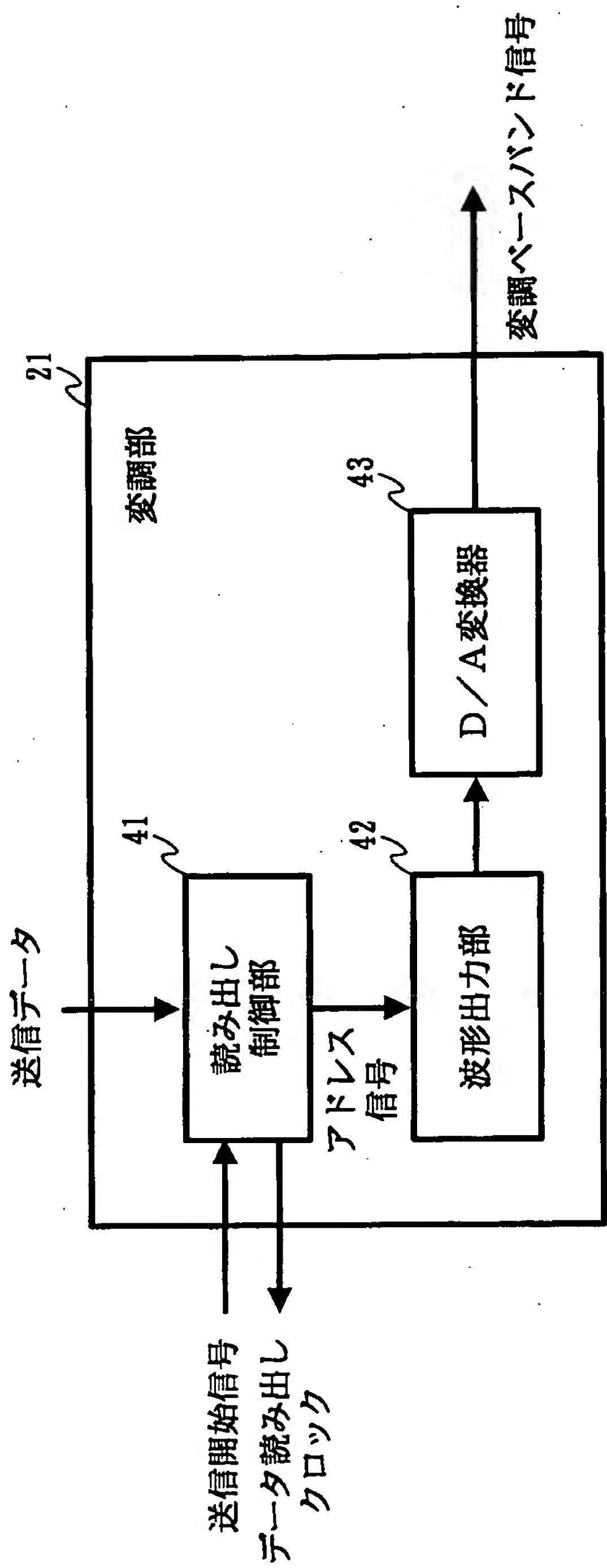
【図 1】



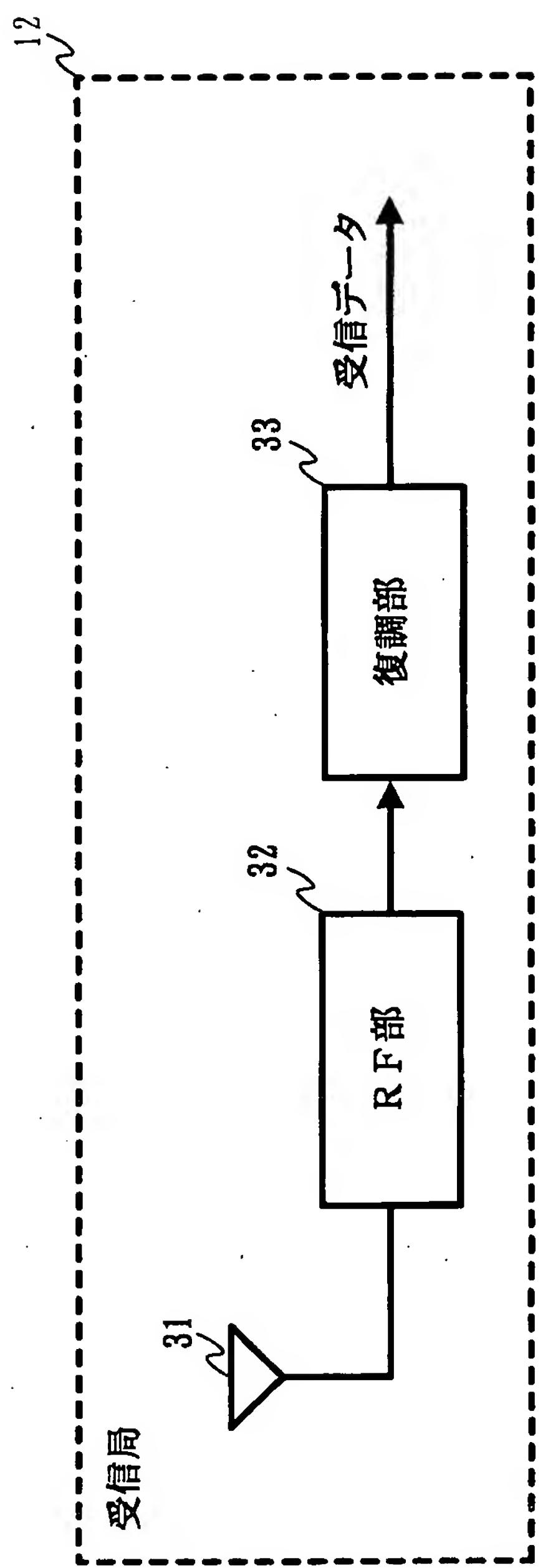
【図2】



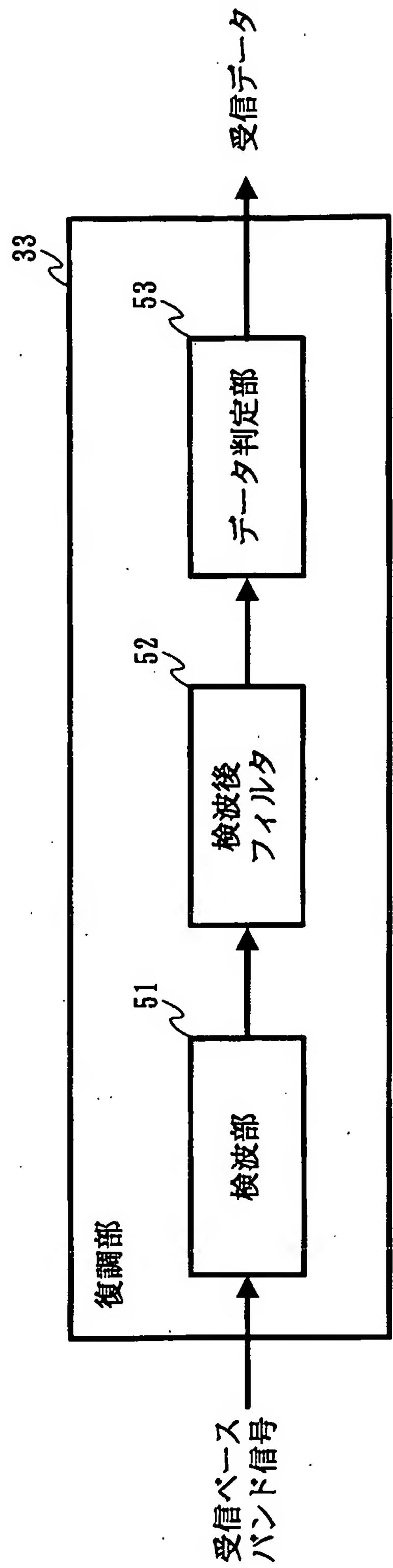
【図3】



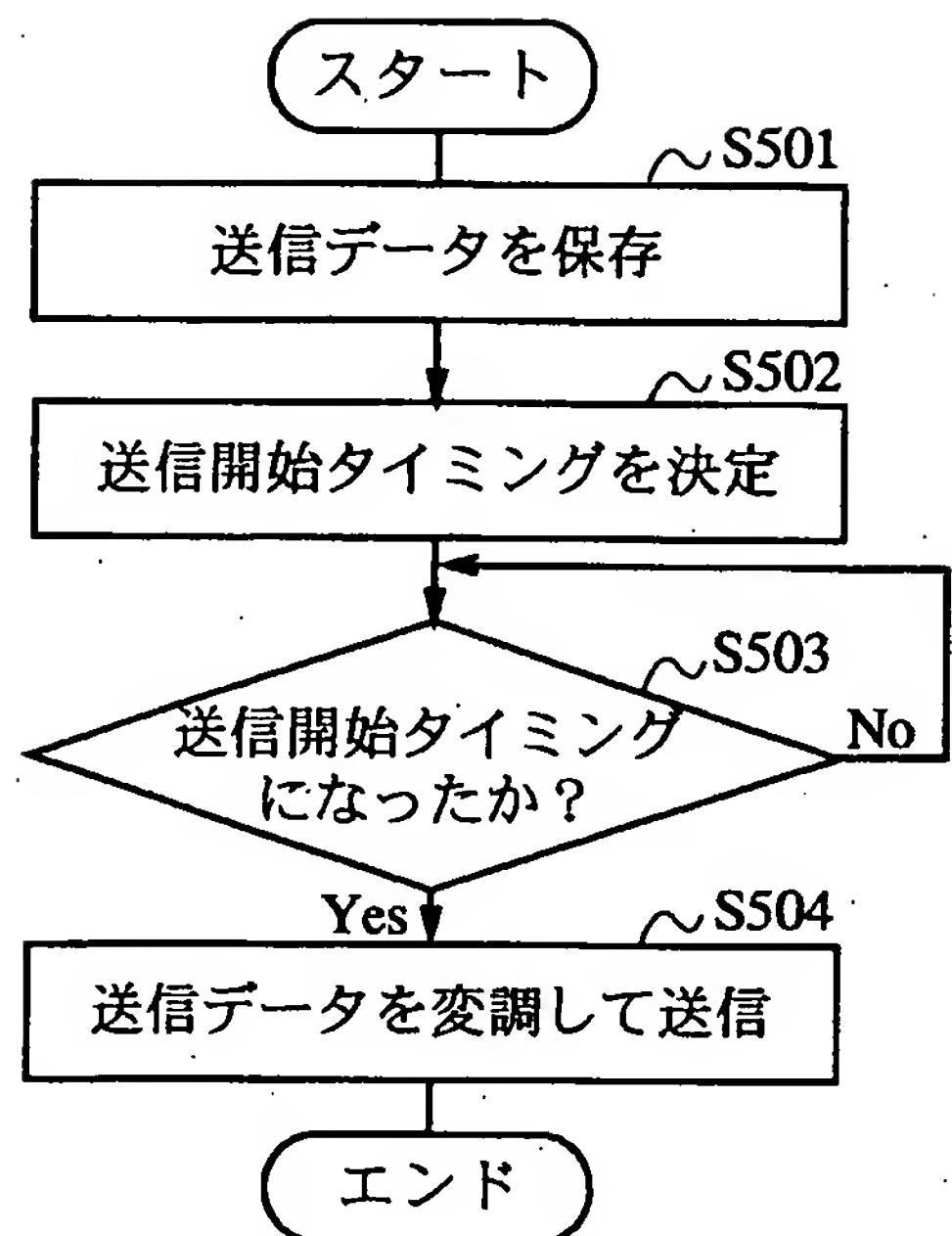
【図 4】



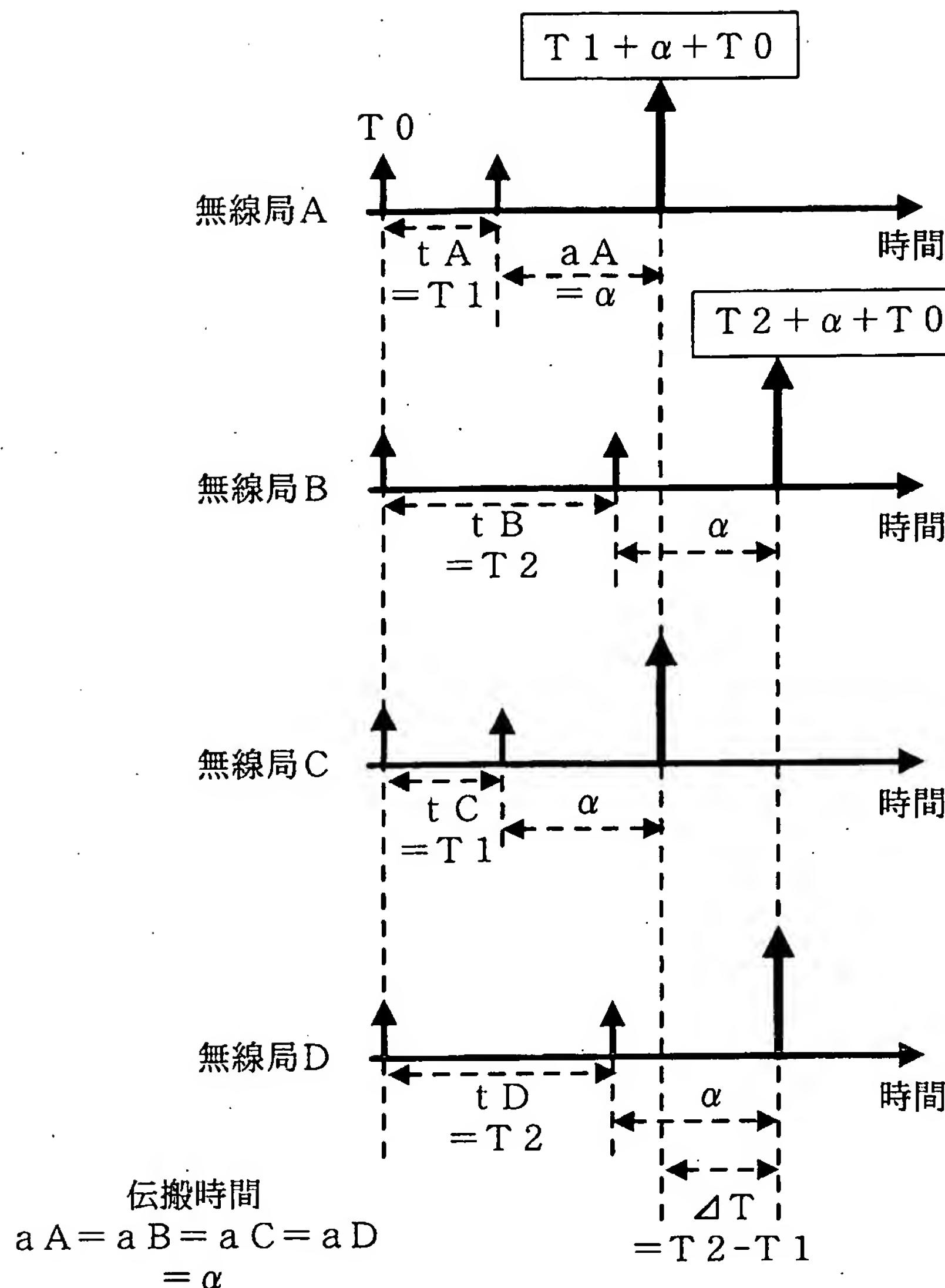
【図5】



【図6】

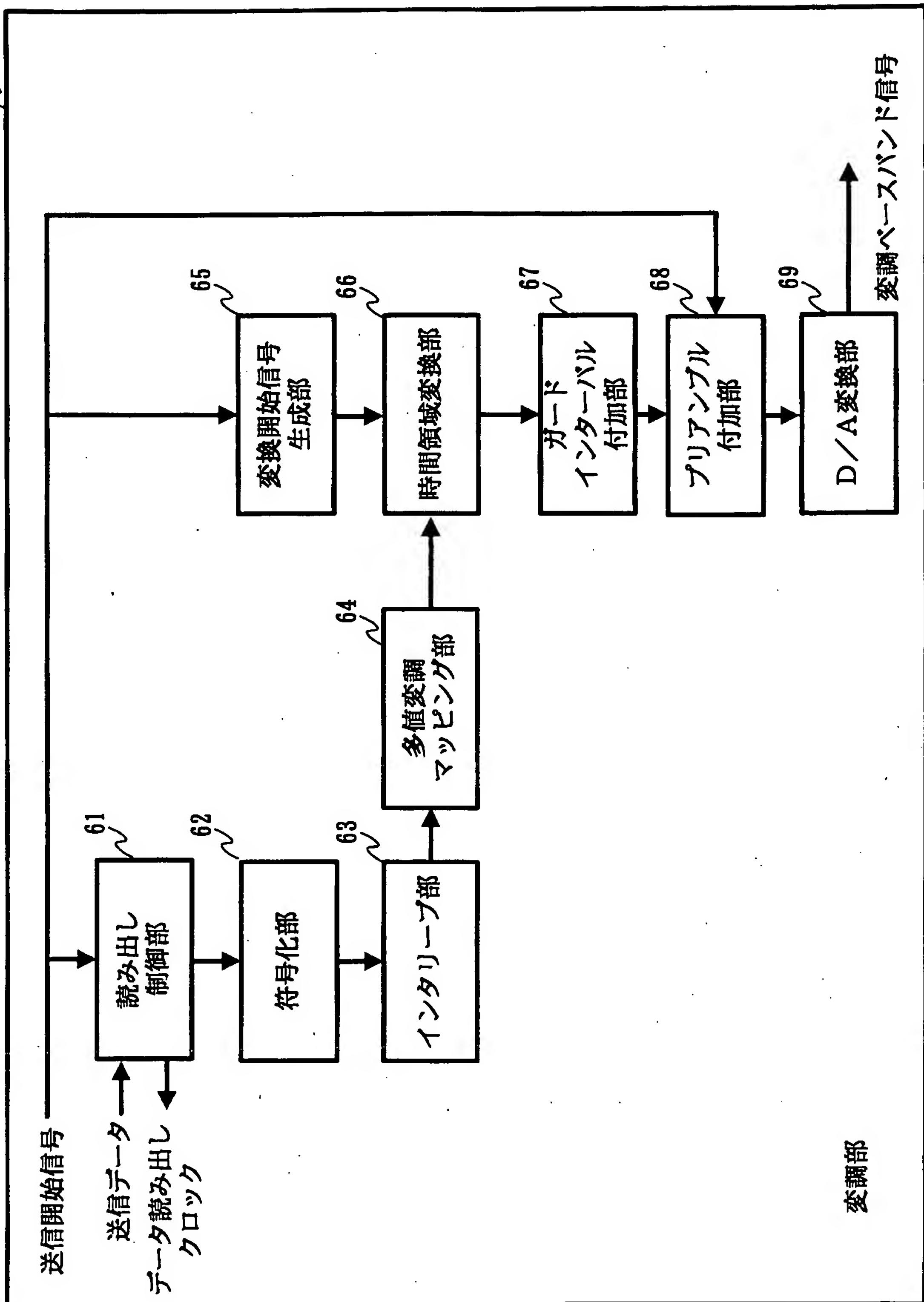


【図 7】

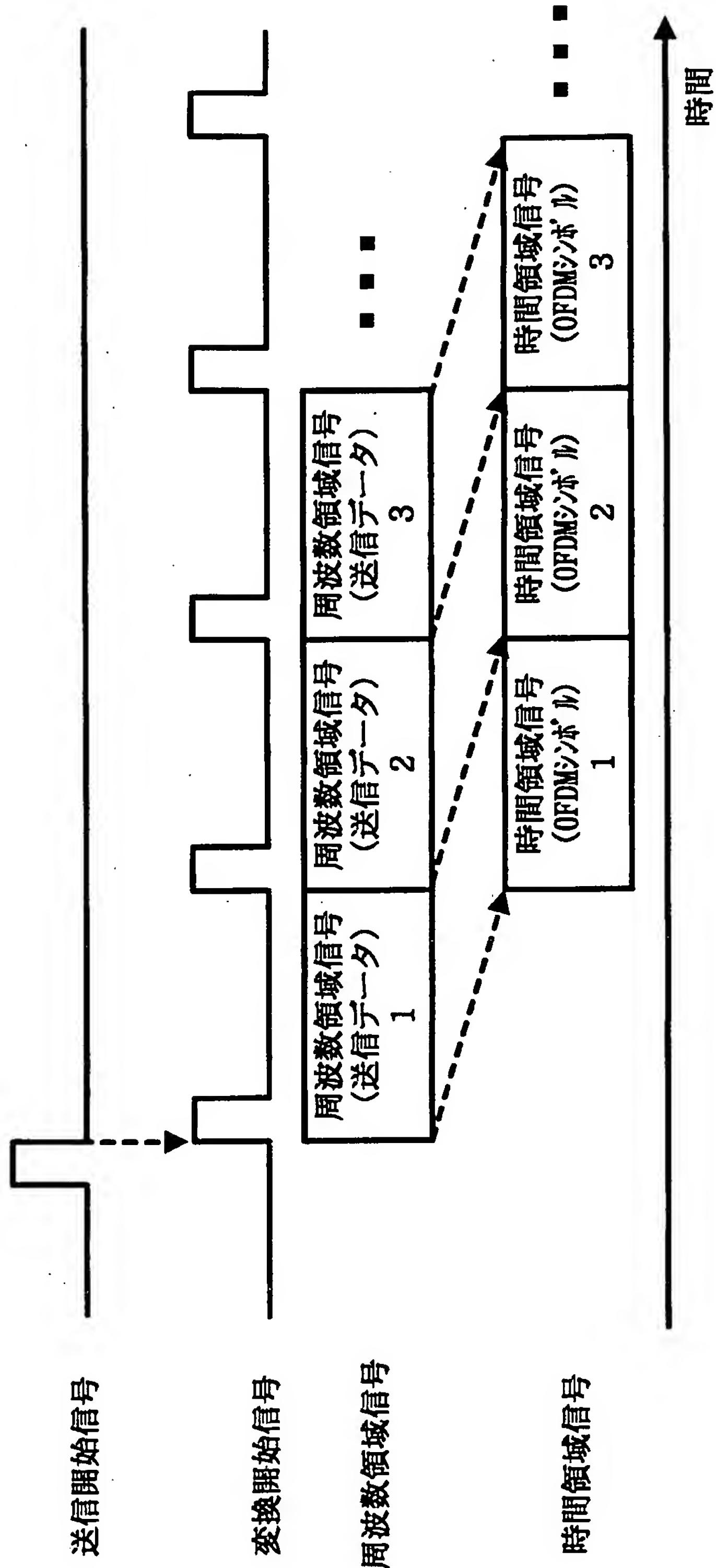


【図 8】

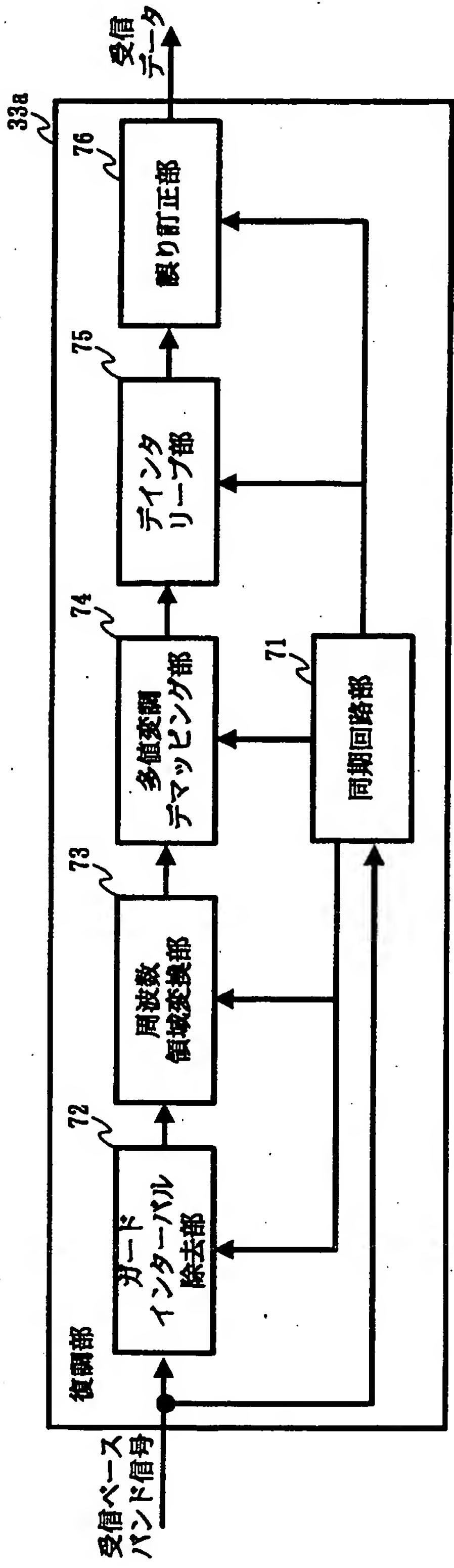
21a



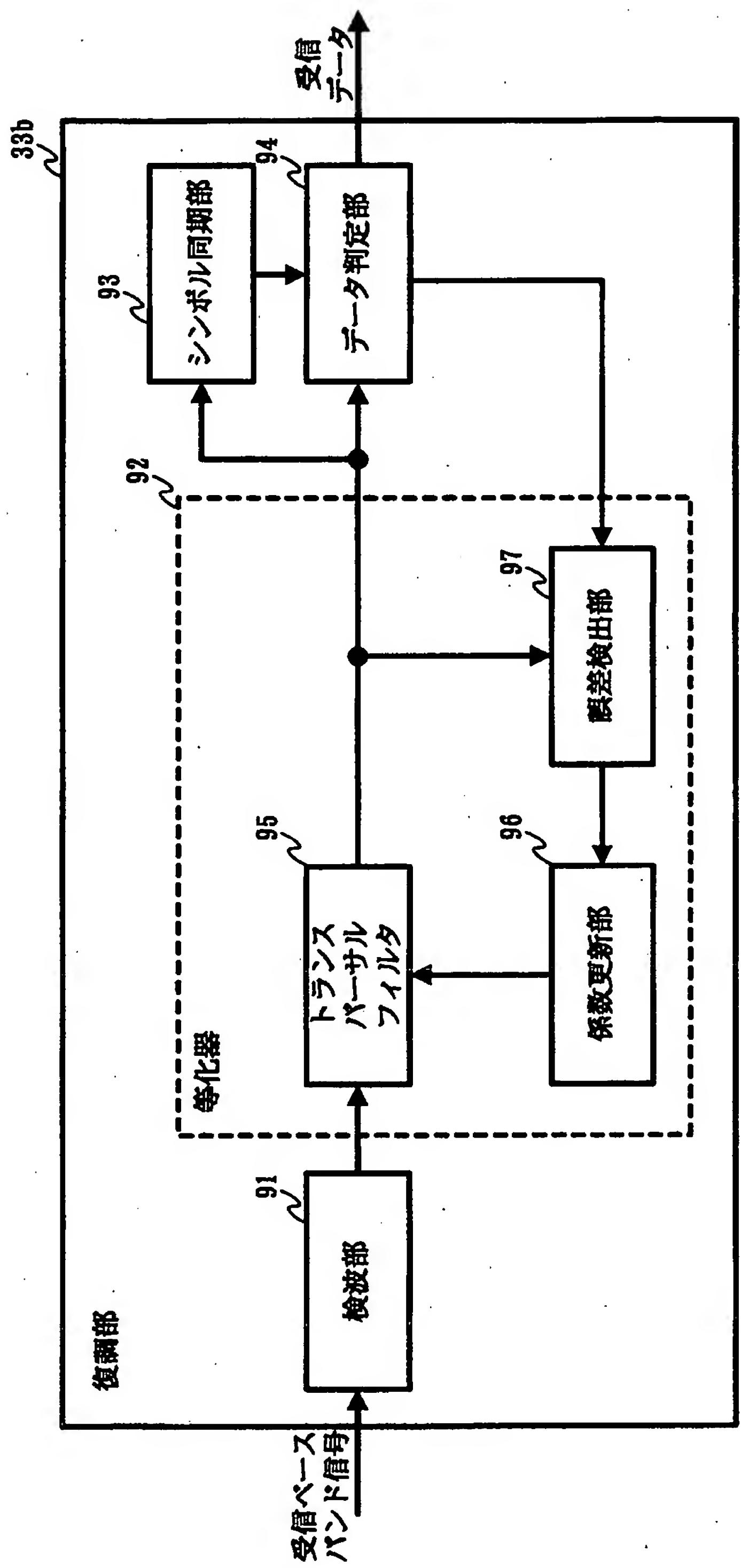
【図 9】



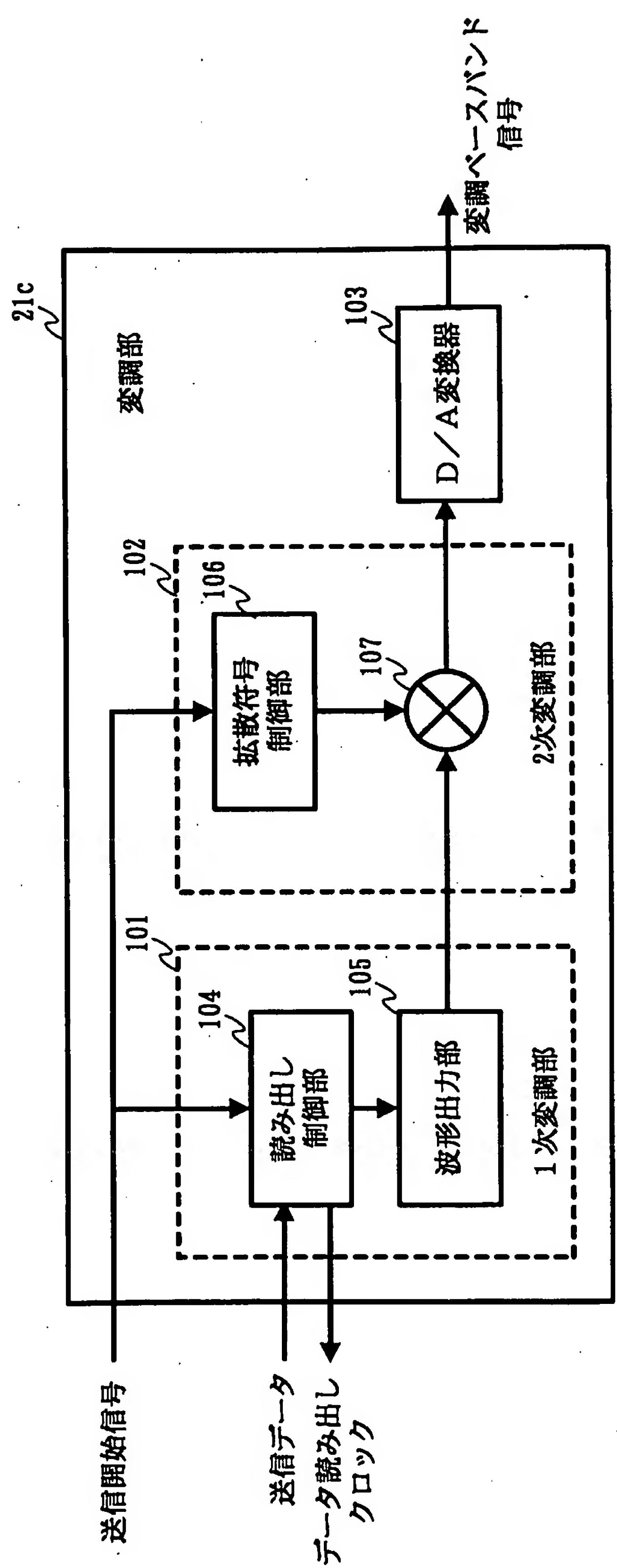
【図 10】



【図 1-1】

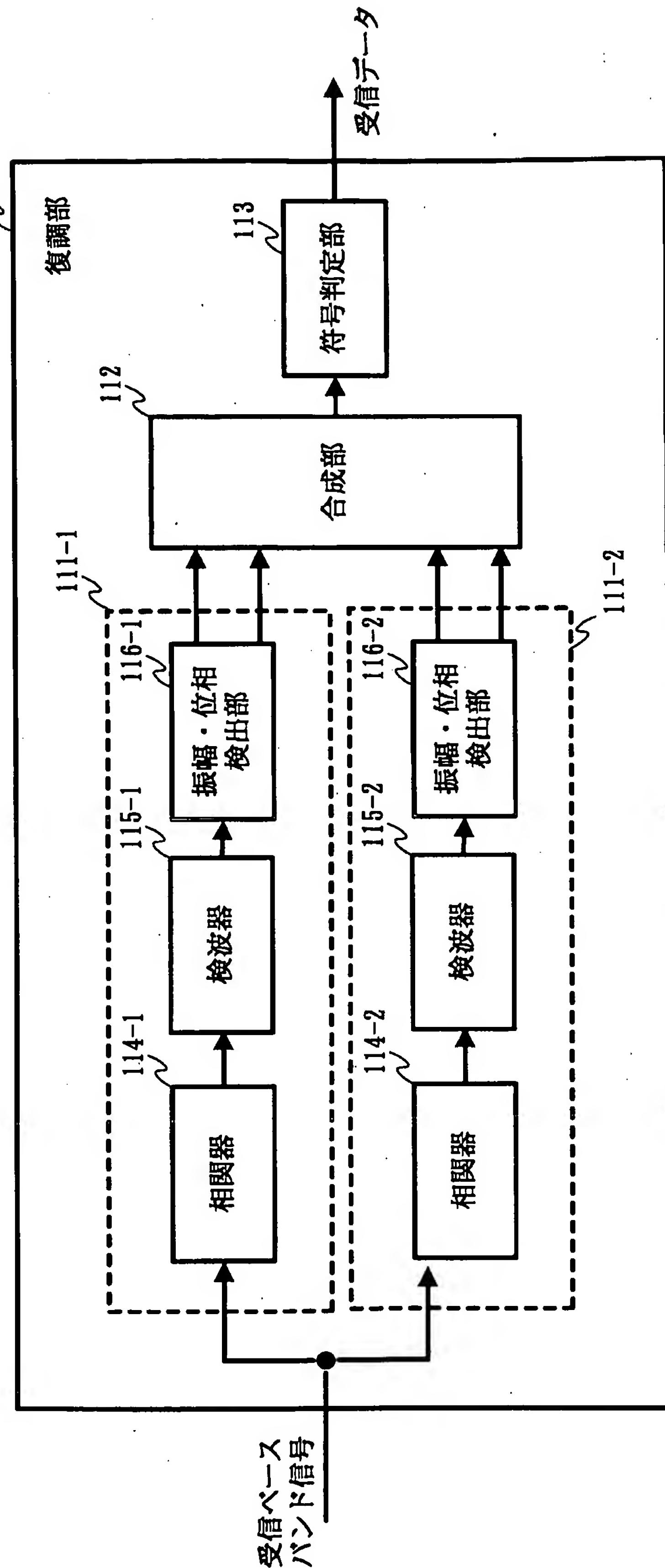


【図12】

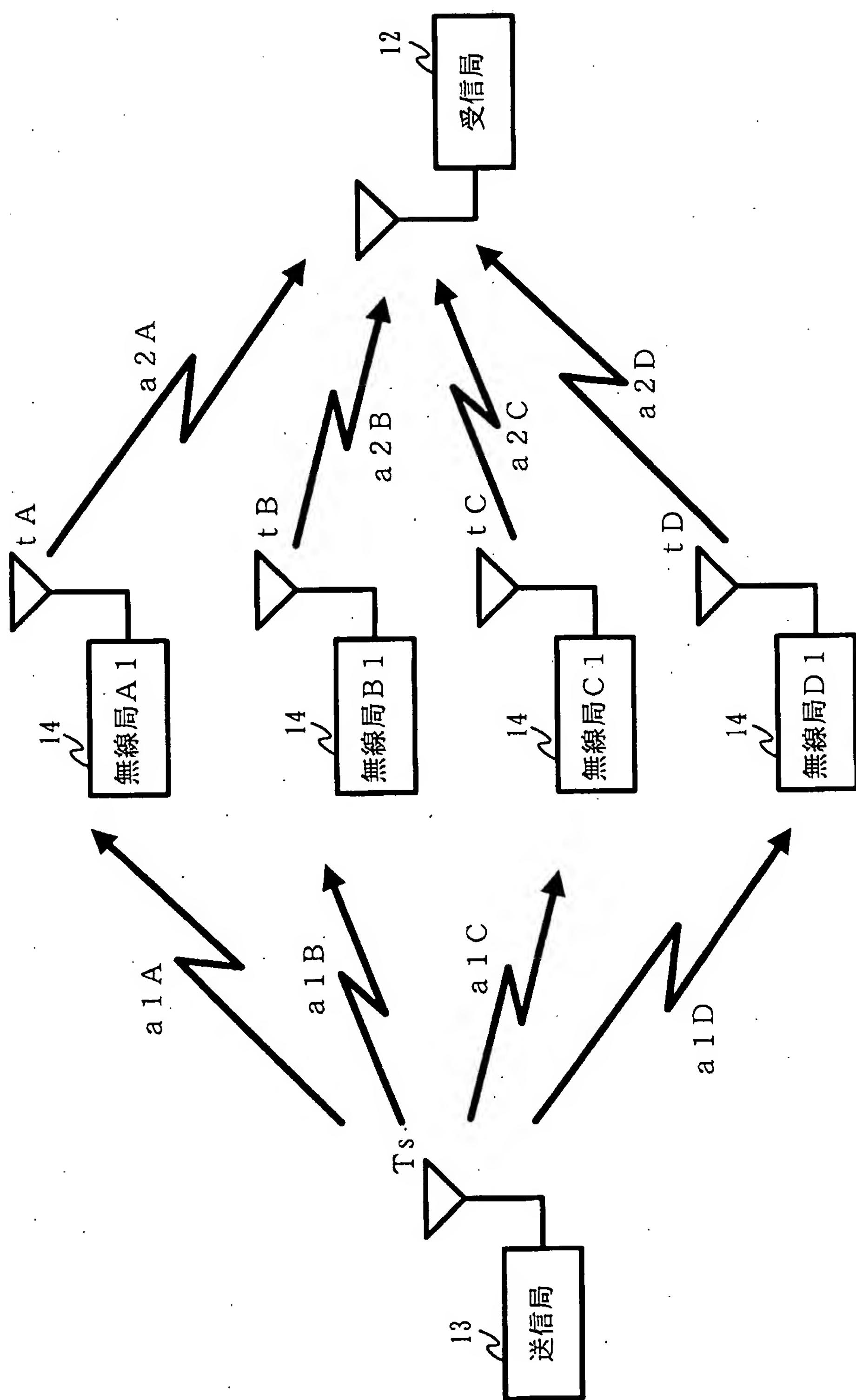


〔図13〕

33c



【図 1 4】



【図 1 5】

